سلسلة هندسة الإتصالات (٢)



نظم الإتصالات

م.ريم مصطفى الدبس



انظمة الاتصالات (الجزء الأول)



تأليف ر**ي**م اللبس



رقم الإيداع لدى نظرة المكتبة الوطنية (2004/1/118)

384

للبس، ريم

تظمة الإتصالات/ تأليف ريم الديس. – عمل: مكثية المهتمع العربي، 2004

()

ر.(. : 2004/f/118:

تاوتصفات: / الإتصالات تسلكية و فلاصلكية/

* تم إعداد بيقك الفهرسة والتصنيف الأولية من قبل دائرة المكتبة الرطنية.

حقوق الطبع محفوظة للنطشر

Copyright ® All Rights reserved

الطبعة الأراني 2004م – 1424هـــ



مكتبة المجتمع العربي للنشر عنن – شرع اللك حسن – بعيم القعيم التجري تطعم 4632739 من.بـ 4244 معن 11112 الأربن

القنمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والعلام على سيد الخلق والمرسلين سيدنا محمد صلى الله وعليه وسلم، أما بعد ،،،

قهذا هو كتاب نظم الاتصالات والذي تم بفضل الله وعونه بهذه الصورة، والتي نرجو من الله عز وجل أن يكون هذا الكتاب مرجعاً وعوناً للطلبة والراغبين في النظم في هذا المجال من الطوم الذي أصبح سمة هذا العصر، الذي يتصف بالتطور والمرعة، وخاصة في مجال الاتصالات، حيث نلاحظ في كل يوم تطوراً سريماً يظهر في عالم الاتصالات، كالإنترنث والأتمار الصناعية، والألياف الضوئية ... الخ.

حيث بتمحور هذا الكتاب في سبع وحدات رئيسية، وهي: الوحدة الأولى (نطور وخصائص لنظمة المبيكرويف) والوحدة الثانية (حسابات الوصلة الرسية) والوحدة الثالثة (تقنيات أنظمة المبيكرويف ذات التعبل الترددي FM) والوحدة الرابعة (العوامل المؤثرة على أنظمة المبيكرويف) والوحدة الخامسة (الحملية النظامية وأجهزتها) والوحدة السلامة (تقنيات وخصائص المبيكرويف الرفادل).

و لخيراً نسأل الله أن يكون في هذا العمل فائدة للجميع ونسأله النجاح والتوفيق لجميع الطلبة الأعزاء ولكل من يقرأ هذا الكتاب.

المزلقة

الفهــــرس

| المقتمة |
|--|
| الوحدة الأولى 11 |
| تطور وخصفص أنظمة الميكرويف13 |
| 2-1 الطيف الترددي للميكروي وتقسيمة في العالم 17 |
| 1-3 أنواع أنظمة الإتصالات المبكروية |
| أنظمة الأقمار الصناعية المتزلمنه |
| 1-4 تقنيات التعديل الميكروي وسعة القنوات |
| أسئلة الوحدة الأولى |
| الرحدة الثانية |
| حسابات الوصلة الراديوية |
| 2-1 خواص لنتشار الأمواج المبكروية |
| 2-2 شدة المجال |
| 2-3 قدرة الموجة المستقبلة 43 |
| 2-4 فقد للفراغ الخارجي |
| 2-5 تأثير انحناء الأرض في فتشار الأمواج للميكروية 53 |
| 2-6 السوامل المؤثرة على ارتفاع الهوائيات 56 |
| 7-2 فقد موجه العموجه |
| 2-8 نظام الهوالمي ومعامل كسبة |
| 2-8-1 هوائني للقطع المكافئ العاكس |
| 2-8-2 هوائي كاسيجرين |
| 2-8-3 العبوائي المعاكس البوقي |
| 2-8-4 هو لتيات حارف الحزمة |

| الوحدة الثالثة |
|--|
| تقنيك أنظمة الموكروف ذات التعديل الترنديFM |
| اقتر انات بىسىل |
| عرض النطاق |
| المعدلات الترددية |
| المعدلات العكسية الترددية |
| دوائر التأكيد السابق والتأكيد اللاحق |
| المستقبلات |
| المرسلات الهيترودياية |
| |
| الوحدة الرابعة |
| العوامل المؤثّرة على أنظمة الميكرويف |
| النشويش الحراري 139 |
| التَصُويه |
| عطل العمار المبكروي |
| أعطال الأجهزة وأسبابها وطرق الكشف عنها |
| كثيف وتحديد العجلل 155 |
| هيوط مستوى لشارة للنطاق الأساسي |
| |
| الوحدة الخامسة |
| العملية النظامية وأجهزتها 167 |
| النَّبَاين النَّرددي |
| الإنصالات بين الأطراف 175 |

| لوحدة المناسمة | 185 . |
|--|-------|
| تغنيات وخصلاص أنظمة الميكرويف الرقعية | 187 |
| أنظمة للحماية الإجتياطية | 190 |
| ظاهرة الخفوت التعدد | 195 |
| المستقبلات- المرسلات الرقمية | 197 |
| أنظمة 8-PSK | 200 |
| أنظمة 6-QAM أنظمة | 203 |
| الوحدة السابعة | |
| قرادار | |
| ر الله الله الله الله الله الله الله الل | |
| تنبنب وعرض النبضة | |
| المخطط الصندوقي للزادار 8 | 228 |
| نظام رادار دوبلر النبضي | 250 |
| الرادار الثانوي | 252 |
| أسئلة الوحدة السابعة | 259 |
| العراجع الطعية | 264 |

الوحدة الأولى



الوحدة الأولى:

تطور وخصائص أنظمة اليكرويف

1-1 مقدمة عن خصائص أنظمة الميكرويف وتطورها

Microwave Systems

كلمة " مليكرويف Microwave" تفسر نفسها بنفسها، فهي تعني الموجئت القصيرة جدا very short waves. على أي حال، ان ما يقصد بـ تصيرة" بستعد على من الذي ينكلم وما هو الإطار المرجمي له Reference والمثلث الما طول موجي المتلكيد ان الأشعة أوق البنفسجية ultraviolet لها طول موجي أفسير short wave length بالمقارنة مع الأشعة تحت الحمراء short wave length كما ان 400 دورة في الدقيقة (Hz) تربد عالى High Frequency مقارنة بن 60 دورة في الدقيقة عكسية).

كل الأمثلة المذكورة أعلاه تعمل بعض أشكال الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Waves الكهرومغناطيسية Microwaves مركزوية Microwaves نفي الأشعة المركزوية Radiation نغي الأشعة الكهروائية ذات الكهروائية ذات الكهروائية التي تتراوح فيعتها تقريبا بين (C-30 GHz).

ان أعلى تردد (أو أقل طول موجي) للترددات في الطيف الراديدي هي في منطقة الميكرويف. لكن حدود هذه المنطقة البست معرفة بشكل واضح. ففي المد الأعلى لتردده فاته يتداخل overlap مع الأشعة تحت الممراه. وفي المد الأنتى لتردده تكون التقنية technique وليس التردد هي العامل المحدد.

لن المبادئ الأساسية التي تتضمن underlying الموجات الراديوية المنخفضة التردد والموجات المبكروية تبقى نفسها. وقد يكون الاختلاف الأساسي بين نظام المبكرويف والتقنيات الراديوية الاعتيادية هي في المكونات components المنطقة بالطول الموجى.

ان الأنظمة الميكروبف عد خصائص مقيدة، واحدة من أهم هذه الخصائص هي ان الطول الموجي الموجات الميكروية له نفس الحجم same size مع أي وحدة تستعمل لتوجيهها أو احتراءها.

ان نبضات الموجات المبكروية تستعمل احسابات الزمن والمسافة مما يجطها ملائمة Compatible العمل مع الحاسب نو السرعة العالية.

ازدائت أهمية المبكرويف لكثر وأكثر في أنظمة الانتصالات، الرادار Radar، الفضاء Astronomy، والمجالات الأخرى. والسبب في ذلك يرجع إلى ميزئين Advantages لموجات المبكرويف للإشارات المنخفضة التردد Low Frequency Signals، هما:

1. الميزة الأولى هي عرض النطاق الزائد Increased Bandwidth . ا

 الميزة الثانية هي قابلية الميكرويف للاستخدام مع هوائيات موجهة Ligh Gain ذات كسب عالي High Gain.

ان طاقة موجات الميكرويف لها تأثير حراري Heating Effect مثلها مثل أشكال الطاقة المختلفة الأخرى. وان لهذا التأثير الحراري عدة تطبيقات عميلة مثل فرن الميكرويف للطبخ المنزلي السريع الذي يطهوالطعام من الداخل والخارج في نفن الوقت.

من أهم التطبيقات Applications الأخرى (على سبيل المثال وليس الحصر) للميكرويف المهمة في عالم الاتصالات Communication وغيره هي:

- 1. البث Broadcasting في الوقت الحالي فان بث الراديو والتلفزيون تستعمل التريدات تحت مستوى تريدات الميكرويف. أن الازيحام congestion في عدد للقنوات المرسلة بجعل الاستقبال صعب على البعض. وبسبب عدم توفر تريدات لأي زيادة في هذه للقنوات البث في التريدات الراديوية فإن العل يكون باستخدام تريدات في منطقة الميكرويف. وأن بعض الدول تستقصي إمكانية البث لقنوات تلفزيونية محلية أو بالأتصار الصناعية على تريد 12GHz.
- 2. الإتصالات Communication؛ ان زيادة عرض النطاق Communication التنوات الاتصال Channels يتطلب تردد حامل Channels لتنوات الاتصال خط النظر المباشر الذي يستخدم المعيدات بقي مستخدما المعنوات عدة، وتوضع أبراج المعيدات التي تستقبل الإشارة وتقييها وتعيد إرسالها إلى المحطة التالية.

كما ان استخدام موجه المعرجة الدائري Circular Wave Guide (على تردد 80GHZ) بعطي معة قنوات تعوض عن عدد كبير من الكوايل تحت الأرض Underground Cables.

ان موجات المبكرويف هني المستخدمة مع انصالات الألمار الصناعية Satellite Systems والاتصالات التي تستخدم الألمار الصناعية. فقنوات الاتصال المبكروية لها عرض نطاق واسع سيتلاعم مع آلاف الخطوط التليفونية ودزينات من قنوات التلفزيون في نفس الوقت.

3. الرادار Radar، يمثل الرادار الاستخدام التقليدي للميكرويف، ولقد بدأ العمل به في بداية الحرب العالمية الثانية Second World war. أن القعل به في بداية الحرب العالمية الأجرف الأولى المصطلح في اللغة الإحليزية: RADAR. أن أبسط أنواع الإنجليزية: RAdio Detection And Ranging. أن أبسط أنواع

- الرادارات هو الرادار النبضي pulse radar الذي يعطى دلالة عن موقع الطائرات من خلال حساب الزمن الذي تحتاجه الموجة الموجهة (وصداها) لتمطع بالطائرة وتعود إلى الرادار وهذه الموجة الموجهة هي كناية عن ضوء ضيق النطاق Narrow Beam Search Line. أما رادار دويار Doppler Radar لحلة عن سرعة الأجسام.
- الحاسب الآلي Computers ان الحاسب يعمل بمعدلات سرعة عالية وبالتالي فإن المطلوب دوائر تعمل بترددات عالية. ان تطبيق خطوط النقل Transmission Lines وتغنيات الميكرويف في تصميم نماذج الحواسيب ستصبح ضرورة.
- 5. الساعات clocks الساعات المبكروية تقيس النزيد للتحو لات المنتاهية في one second per millions الصغر لتعطى دقة ثانية لملابين السنين of years
- 6. قياسات الرطوية Moisture Measurements، بسبب ان الموجات المبكروية تمتص بواسطة الماء فان قياس نسبة الرطوية moisture بواسطة الموكروية أمر ممكن من خلال قياس مقدار النوهين Attenuation في الموجة الميكروية المارة في المونة المراد قياس رطهنتها.
- 7. التسخين الميكروي Microwave Heating، ان معدل استصاص Absorption الطاقة للأمواج الميكروية في معظم المواد يتناسب مع المحتوى المائي Water Content فيه، ويستفاد من هذه الخاصية للتسخين الميكروي للمواد.

2-1 الطيف التريدي الميكروي وتقسيمه في العالم

Spectrum Frequency

.

قَمْم الطيف التريدي Frequency Spectrum إلى حزم متتالية موضحة بالجدول التالي:

| طول الموجة | مدى التربدات | رمز الحزمة | الحزمة |
|-------------|--------------|------------|------------------------|
| 10 - 1 Mm | 30-300 Hz | ELF | Extreme Low Frequency |
| 1 - 0.1 Mm | 0.3-3 KHz | SLF | Supper Low Frequency |
| 100 - 10 Km | 3-30 KHz | VLF | Very Low Frequency |
| 10 - 1 Km | 30-300 KHz | LF | Low Frequency |
| 1 - 0.1 Kan | 0.3-3 MHz | MF | Medium Frequency |
| 100 - 10 m | 3-30 MHz | HF | High Frequency |
| 10 - 1 m | 30-300 MHz | VHF | High Frequency Very |
| 100 - 10 cm | 0.3-3 GHz | UHF | Ultra High Frequency |
| 10 - 1 cm | 3-30 GHz | SHF | Supper High Frequency |
| 1 - 0.1 cm | 30-300 GHz | EHF | Extreme High Frequency |

ان الطول الموجي Wave Length يتناسب عكسيا مع تردد الموجة .Frequency حسب العلاقة الثالية:

 $\lambda = C/F$

حيث:

C عبرعة الضوء في الغراغ وتساوي 300 Mm/sec

F: تردد الموجة ووحدته بالهرنز Hz.

ان لكل من هذه الحزم استعمالات خاصة نتيجة طبيعة انشار الموجات Wave Propagation التابعة لكل حزمة وعرض النطاق للحزمة (Width (BW)، فالحزم الترددية ليست مصنفة بعرض نطاق ولحد. ويحسب عرض انطاق الحزمة حسب القانون التالي؛

$$BW = f_{h} \cdot f_{l}$$

حيث:

. High Frequency يمثل التردد العالى للحزمة : f_h

.Low Frequency يمثل التردد المنخفض الحزمة : f_1

وفي أنظمة الاتصالات Communication Systems من الضروري وفي أنظمة الاتصالات Communication Systems من الضروري توفير سعة كبيرة (عرض نطاق واسم) التمكن من لرسال عند كبير من القنوات Channels ، وعند المحديث عن مدى التربدات المطلوبة فالمقصود المطلوبة الموجة المعرفية Modulated (الحاملة Carrier الموجة الصوتية التربدات التربدات المدخفضة).

وبالتالي ليس من العملي أن نستخدم حزمة LF أو MF مثلا وإنما لتوفير المسعة المطلوبة بجب العمل في حزمة الارددات ذات النطاق الواسع مثل:

ا. Ultra High Frequency (UHF) المدى التريدي من 3-3.
 اي أن سعة النطاق لهذه الحزمة تساري:

$$BW = f_h \cdot f_l$$

= 3 - 0.3 = 2.7 GHz

Supper High Frequency (SHF) .2
 أت المدى الترددي من GHz

$$BW = f_h - f_l$$

= 30 - 3 = 27 GHz

ان معظم القنوات الصونية Audio Channels الاستعمال المتعدد القنوات تعمل ضمن هذه الحزم، ويتراوح عند القنوات الصونية المحمولة على كل حامل بين 60 و 2700 قناة بحسب الحاجة،

مثال 1: ما عرض النطاق BW لحزمة الترددات MF؟

الحل:

من الجدول نجد أن مدى ترددات هذه الحزمة يتراوح بين 17 3- 18 0.3 MHz، وبالتالي فان عرض لنطاق 18 BW بناء على القانون يساوي:

$$BW = f_h - f_l$$

= 3 - 0.3 = 2.7 MHz

مثال2: ما مدى الطول الموجي Wave Length لترددات تتراوح بين -60 60. 600MHz

الط:

بتطبيق قانون الطول الموجي Wave Length عند كل تركد يمكن المطلوب:

عند النردد الأول f = 60MHz يكون الطول الموجي:

 $\lambda = C/F$

 $=3*10^8/60*10^6=5 \text{ m}$

عند التردد الأول f = 600MHz يكون الطول الموجى:

λ= C/F

 $= 3*10^8 /600*10^6 = 0.5 \text{ m}$

يتضح أن مدى الطول الموجي Wave Length يتراوح بين m (5 - 0.5).

3-1 أنواع فظمة الإنصالات المبكروبة

Microwaves Communication Systems

ان أنظمة الميكرويف Micro Waves كما ذكر سابقا تحتاج إلى حزمة تريدات ذات النطاق الواسع مثل:

- Ultra High Frequency (UHF) .1: ذات المدى الترددي من 3-0.3 . GHz
- 2- Supper High Frequency (SHF): ذابت المدى الترددي من 30-30 GHz.

ان أنظمة الاتصالات الميكروية هي:

نظام الاتصبال بخط النظر المباشر Line of Sight (L.O.S.) أو نظام الانتشار المباشر المهجة Direct Wave Propagation حيث يكون الانتشار عزمة الموجات من المرسلة Transmitter بخط مستقيم مباشرة بانجاه المستقبلة Receiver.

ن انتشار الموجات بخط النظر المباشر (L.O.S) يكون محدود المسافة على سطح الكرة الأرضية بسبب انحناء الأرض Curvature of Earth. الألف فان في هذه الأنظمة تشكل المحطات المعيدة الميكروية (محطات تقوية الإشارة Relay Station) جزء مهم اضمان أيصال الأمواج المرسلة اللمسافات الطويلة وبمحل محطة معيدة كل 30-50Km. مثال على ذلك المسار بين العقبة وعمان توجد 5 محطات تقوية في مسافة مقدارها 300Km.

أي أن نظام خط النظر العباشر (أو الأنظمة العبكروية الأرضية) يتكون من:

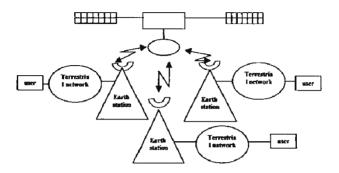
أ. أطراف Terminals تمثل المرسلة والمستقبلة المعنية بالإرسال.

ب.محطات تقوية أو محطات معبدة لتقوية الإشارة وإعادة بثها لتأمين وصولها من طرف الإرسال إلى طرف الاستقبال، والمسافة بين كل محطتي إعادة تتراوح بين SO Km.

ان قدرة المرسلات P₁ في أنظمة خط النظر المباشر تتراوح بين P₂ .watt Automatic ويرجد في محطات الإعادة نظام تحكم أوتوماتيكي watt الدعطة Control System الذي يوفر اتصال كهربائي أوتوماتيكي بين المحطة وياقي المحطات عند حدوث عطل (ويختلف نوع الاتصال باختلاف العطل الوقع في المحطة)، ولذلك لا يوجد فني صيانة Maintenance مشرفون إشراف مباشر على هذه المحطات.

أن لمحطات الإعلاة في أنظمة المباشرة المميزات التالية:

- تعد هذه المعطات رخوصة نسبيا ، حيث أنها أرخص من باقي الأنظمة التي تتعامل مع القنوات ذات الحزم الترددية العريضة Wide Band
 خاصة إذا ما قورات بتكلفة أنظمة الأقمار الصناعية Satellite Systems.
- نعثل الدل المثالي العناسب في الأراضي كثيرة التلال التي يصحب الربط بين أطرافها لما تشكله المرتفعات من حواجز تحول دون انتشار الموجات.
- يعد النظام من أكثر الأنظمة اعتمادا خاصة إذا ما توفرت أجهزة احتباطية في المحطات التي تستبدل مع أي جهاز بحدث فيه عطل.



حيث يتم الإرسال من المحطة الأرضية Earth Station إلى القمر الصناعي Satellite المرجود في الفراغ الخارجي (على ارتفاع ثابت بساوي 60 المرجود في الفراغ الخارجي (على ارتفاع ثابت بساوي 60 الفراغ) ويقوم هذا القمر باستقبال الإشارة وتقويتها وإعادة بثها إلى باقي المحطات الأرضية ومنها المستخدمين Users. أي أن القمر الصناعي يعمل كمحطة تقوية (محطة معيدة فضائية) بين المحطات الأرضية والتي يتمال كمحطة الأقمار يلزمها قوات اتصال. أن هذا النظام متبع في الأردن في محطة الأقمار المسناعية الموجودة في منطقة البقمة.

أن مساحة البث التي يغطيها البث بالأقمار الصناعية أكبر بكثير من المساحة التي يغطيها نظام خط النظر المباشر (L.O.S). حيث يغطي البث

مساحة واسعة تؤمن الإرسال بين بلدين أو أكثر وأو كانت بينهما مسافة . طويلة.

3. أنظمة النشات التربوسفيرية Scattering بيند هذا النظام على ظاهرة تشتت الموجات Scattering عند طبقات الجوافتريوسفيرية Troposphere للطيا ذات الكثافة المنغضة (بسبب خفة وزن الهواء في تلك الطبقات)، فتحني الأمواج المنتشرة بخط مستقيم نظيجة الانكساريات المنتالية (الناتجة عن انتقال الأشعة من وسط كليف إلى واسط أمل منه كثافة)، أن نظام التشتت التربوسفيري يستسل 24-240 قناة بين محطتي إعلاة أرضية يفصل بينهما مسافة تساوي 300Km. أن نظام التشت التربوسفيري عدد كار مستخدم في التشت التربوسفيري مستشدة في التربوسفيري المستفدة في التربوسفيري المستفدة في التربوسفيري المستفدم في التربوسفيري التربوسفيري المستفدم في التربوسفيري التربوسفيري المستفدم في التربوسفيري المستفدم في التربوسفيري التربوسفيري المستفدم في التربوسفيري التربوسفيري المستفدم في التربوسفيري التربو

4-1 تقتيات التحيل المبكروي ومنعة القنوات Capacity of Channels

1.3

ان حزمة الترددات المستخدمة في أنظمة الميكرويت Microwaves ان حزمة الترددات المستخدمة في محدودة Systems ولذلك لا بد من Systems وان كانت كبيرة لكنها تبقى محدودة Channels ولذلك لا بد من القدوات Channels.

ان الاتحاد الدولي للاتصالات International Telecommunication الن الاتحاد الدولي للاتصالات Frequency Spectrum إلى عدة حزم المرابية Trequency Spectrum إلى عدة حزم جزئية تخصيص كل مجموعة بأنواع معينة من أنظمة الاتصال (والابيون Television)، أغراض عمكرية تقزيون Mobile Phones، أنظمة التشت التربوسفيرية وما إلى نلك).

- أن الاتحاد الدولي للاتصالات International Telecommunication لأن الاتحاد الدولي للاتصالات Regulations التي تحدد هذه النقيمات التر ندية بناء على عدد الاعتبارات منها:
- 1. نوع نظام الاتصال Communication Systems الذي يستسل الحزمة الترددية (الأتواع السلبقة الذكر). مثلا المواصفات الدولية الخاصة بأنظمة التافزيون تحدد عرض الحزمة المحطة الولحدة ونوع التعبل المستخدم لنقل المصوت و التردد الحامل لل Sound Carrier و التردد الحامل المصورة Video Carrier و وقيمة الإزاحة القصوى Maximum Deviation المصوت وغيرها من المواصفات الخاصة بهذا النظام.
- وان قيمة هذه المواصفات تختلف بحسب نوع النظام المستخدم إذا كان أو روبي (CCIR) أو أمريكي (FCC).
- 2. نتنية الأجهزة المستخدمة في النظام Radio Stations التي تستسل النحيل مثلا في الغوات الراديية Radio Stations التي تستسل النحيان التردي FM يكون العرض النموذجي الحزمة المحطة الواحدة يساوي 200KHz في حين أن يكون العرض النموذجي الحزمة المحطة الواحدة التي تستسل التحيل السعوي AM يساوي 10KHz.
- 3. التكلفة Cost تخلما زاد عرض النطاق BW المطلوب النظام كلما ازدادت تكلفته. وكلما ازدادت فعرة الإشارة المستخدمة Power كلما ازدادت تكلفته، أيضنا.

لتوضيح مفهوم المواصفات الدولية، لنغوض عدم وجودها فكيف يكون الحال عندند؟ عندند، إذا أرادت محطة إرسال موجة صوتية مثلا فعلى أي تردد سنبث؟ وبأي عرض نطاق BW؟ وهل هذا النطاق شاعر بالكامل فقط لهذه المحطة؟ وفي أي حزمة ترددية؟ وهل سيكون التردد محجوز أم شاعر الاستعمال؟ وهذه الترددات مناسبة للمحطات الصوتية؟

بوجود المواصفات الدولية تصبح هذه الأمور لكثر وضوحا مما يزيد .Maximum Activity ويضمن العمل بالفعالية القصوى Efficiency . الأهمية هذه المواصفات فقد قبلتها كل دول العالم تقريبا. وقد تم وضع المواصفات الخاصة بحزمة الترددات التي تتراوح تقريبا بين (11.7- 1.7) . GHz كما هو موضح في الجدول التألى:

| ملاحظات | لقترات | القتوات | فقوفت | القرات | مدى الترىدGHz |
|--|---------|-------------|-------|-----------|---------------|
| + | الصرتية | الصرتية | حملية | الرفيوية | |
| | تلكلية | لكل فقاة | | قكلية | |
| • | | راديوية | | (الأزواج) | |
| للعدد الكلي القنوات | 1500 | 300 | 1 | 6 | 1.7-1.9 |
| الصوتية مصوب للقنوات | 1500 | 300 | 1 | 6 | 1.9-2.1 |
| العلملة في الحالة الاعتبلاية | 1500 | 300 | 1 | 6 | 2.1-2.3 |
| تستسل في الإرسال من القدر الصناعي إلى | 9000 | 1800 | 1 | 6 | 3.8-4.2 |
| المصطة الأرضية Down Link | | : | | | |
| | 10800 | 1800 | 2 | 8 | 5.925-6.425 |
| تستسل في الأردن. اللهوانف والتلفزيون | 16200 | 960 2700 | 2 | 16 8 | 6.43-7.11 |
| | 3000 | 300 | | 10 | 7.125-7.425 |

| تستممل في الأردن التراسل التلفزيوني | • | - | - | - | 7.425-7.725 |
|--|-------|------|---|----|-------------|
| | 10800 | 1800 | 2 | 8 | 7.725-8.275 |
| تستسل في الأردن للأنظمة الرضية Digital systems | 1800 | 1800 | 2 | 12 | 10.7-11.7 |

لم بتم الاستفادة من التريدات العالية (فرق 12GHz) حتى وقت فريب.

ان كل حزمة من هذه الحزم يقسم بدوره إلى عدد من الحاملات الراديوية المنظمة في هيئة أزواج، وكل زوج يتكون من التردد الحامل الموجة المرسلة والتردد الحامل الموجة المستقبلة (المحطة المرسلة والمستقبلة). وفي كل حزمة لا تعمل كل الأزواج الترددية في الحالة الاعتبادية وإنما يبقى زوج أو زوجين (حسب الحزمة) كاحتباط يشغلوا في حالة ضغط العمل أو السطل في أي من الأزواج العاملة الرئيسية.

ومن الجدول نجد أن لحزمة الترددات من 6.425 GHz مئة أزواج أساسية واثنين كاحتياط وفي ما يلى توضيح لقيم ترددات هذه الأزواج الثمانية وتوزيع تردد كل زوج أعلى وألمني من التردد المركزي المحزمة Central frequency:

| الترند أمنى من الترند المركزي MH2 | التردد أعلى من التردد السركز بي MHz | رقم الزوج |
|--------------------------------------|--|-----------|
| 5945.2 | 6197.24 | 1 |
| 5974.85 | 6226.89 | 2 |
| 6004.5 | 6256.54 | 3 |
| 6034.15 | 6286.19 | 4 |
| 6063.8 | 6315.84 | 5 |
| 6093.45 | 49.6345 | 6 |
| 6123.1 | 6375.14 | 7 |
| 6152.75 | 6404.79 | 8 |

و التزدد المركزي Central frequency الحزمة بساوي: ${
m Central frequency} = (F_h + F_1)/2$ يثم حساب عرض الحزمة ${
m Band \ Width \ (BW)}$ على النحو التالي:

BW = Fh - Fl

حیث یمثل کل من:

الحزمة. High Frequency الحزمة. F_h

. الحد التريدي الأننى Low Frequency للحزمة. F_1

وبالنالي فانه لحزمة الترددات من 6.425 GHz ، التردد المركزي يساوي:

> Central frequency =(6.425 + 5.925)/2 = 6.175 GHz عرض العزمة (Band Width (BW) عرض العزمة يساوى:

BW = 6.425 - 5.925

= 0.2 GHz

وكما ذكر سابقا لن سنة فقط من هذه الأزواج الثمانية التي تعمل في الحالة الاعتيادية، ومن الجدول نجد أن كل زوج من النزددات يعطي 1800 قناة صونية وبالتالي فان العدد الكلي الفنوات الصونية العاملة في الحالتين الاعتيادية والقصوى بساريان:

في الحالة الاعتبادية:

العدد الكلي القنوات الصونية العاملة = القنوات الراديوية العاملة * القنوات الصونية القناة الراديوية الواحدة

وعدد القنوات الراديوية العاملة بعطى بالعلاقة:

عدد القنوات الراديوية العاملة - القنوات الراديوية الكلية - قنوات الحماية

أما في الحالة القصوى للعمل الذي نستخدم فيها ففوات الحماية فان:

العدد الكلي المقنوات الصرتبة العاملة = القفوات الراديوية الكلية * القفوات الصوائية القناة الراديوية الواحدة

وبالثالي يتبين من الجدول أن لمحزمة الترددات من 6.425 -5.925 GHz تكون القيمة:

في الحالة الاعتيادية:

عدد القنوات الراديوية العاملة = 8 - 2 = 6 قنوات.

وبالتالي فان:

العدد الكلي للقنوات للصوتية للعاملة = 6 *1800 = 10800 فناة صونية.

وفي الحالة القصوى للعمل:

العدد الكلى للقنوات الصوتية العاملة = 8 *1800 - 14400 فناة صوتية.

ومن الجدير بالذكر أنه لا يشترط استخدام فنوات الحماية بشكل إضافي للقنوات الأساسية وإنما يمكن استخدامها في حالة عطل أي من القنوات الأساسية بشكل تعريضي فيبقى العدد الكلي القنوات العاملة يساوي ستة فنوات (في هذه المحزمة).

ان حزمة 7 GHz تستعمل بشكل كبير في الأربن، حيث نقسم إلى حزمتين جزئيتين :

الحزمة الجانبية العليا: تستعمل التلفزيون.

2. الحزمة الجانبية السفلى: تستعمل الهواتف.

مثال1: استعن بجدول المواصفات لحساب القيم التالية لحزمة الترددات 2.1-2.3 GHz

- 1. التردد المركزي Central Frequency.
 - 2. عرض الحزمة Band Width
 - عدد القنوات الراديوية العاملة.
- عدد القنوات الصوتية الكلية (في الحالتين العادية والقصوى).

للحل:

من الجدول يمكن الحصول على المعلومات الضرورية للحل، حيث: عدد الله أنه له له له الكلمة = 6 قد أث.

عدد القنوات الصوتية لكل قناة رادبوية = 300 قناة

1. التردد المركزي Central frequency للحزمة يساري:

Central frequency =
$$(Fh + F1)/2$$

= $(2.3 + 2.1)/2$
= 2.2 GHz

2. بتم حساب عرض الحزمة Band Width (BW) على النحو التالي:

$$\mathbf{BW} = \mathbf{Fh} - \mathbf{Fl}$$
$$= 2.3 - 2.1$$

= 0.2 GHz

عدد القنوات الراديوية العاملة = القنوات الراديوية الكلية - قنوات الحماية

4. في الحالة الاعتبادية:

العدد الكلي الفنوات الصونية العاملة - الفنوات الراديوية العاملة * النَّه ان الصونية الفناة الراديوية الواحدة 300 * 5 * 0 1500 قناة (كما هو واضح في الجدول)
 أما في الحالة القصوى للحمل الذي نستخدم فيها قنوات الحماية فان:

الحد الكلمي للقنوات الصوئية العاملة - القنوات الراديوية الكلمية * القنوات الصونية للقناة الراديوية الواحدة

= 300 * 6 = 1800 قناة.

أسئلة الوحدة الأولى

- س1) ما المقصود بمصطلح المايكرويف Microwaves ؟
- س2) ما الترددات المستخدمة في أنظمة المبكرويف Microwave Systems؟
 - س3) ما الذي يحدد حدود التردد للطبف المبكروي؟
- من4) وضح مميزات الترددات الميكروية نمية إلى الترددات الراديوية
 المذخفضة.
 - س5) ما دور النرددات العيكروية في نطور الانصالات؟
- س6) هوائي رادار Antenna of Radar برسل إشارات بتردد 10 GHz ، فما هو الطول الموجي Wave Length للإشارة المرسلة؟
- س7) هواشي رادار Antenna of Radar يرسل إشارات بنزند 20 GHz. فما هو الطول الموجي Wave Length للإشارة العرسلة؟
 - س8) ما هي سرعة الأمواج الكهرومغناطيسية في الفراغ؟
- س)) موجه موجة wave guide برسل إشارات بتردد GHz، قما هو الطول الموجي Wave Length للإشارة المرسلة؟
- س10) ما عد الغنوات الراديوية Radio Channels المحلة تتحيل نرددي َ FM الذي يمكن إرسالها خلال حزمة نرددية عرضها IMHz؟
 - س 11) ما عدد القوات الرانبوية Radio Channels المحلة تحيل سعوي AM التي يمكن إرسالها خلال حزمة ترددية عرضها 1MHz؟
 - س12) ما وظيفة الرادار النبضي Pulse Radar ؟
 - س 13) ما وظيفة رادار دوبار Doppler Radar ؟
 - س14) ما مبدأ عمل فرن الميكرويف المنزلي Microwave oven

- س15) ما صبب الحاجة إلى استخدام ترددات المبكرويف Microwaves في دوائر الحاسب؟
- س16) ما المحلاكة بين الرطوية moisture والأمواج الميكروية Microwaves
 - س17) ما عرض النطاق BW لحزمة الترددات UHF؟ س18) ما عرض النطاق BW لحزمة الترددات VHF؟
- س/19) ما مدى الطول الموجي Wave Length لنريدات نتراوح بين 30-2 GHz
- س20) ما مدى الطول الموجي Wave Length انتزندات تتراوح بين 30-2 MHz
 - س 21) ما تردد موجة بيلغ للطول الموجي لها 2 mm ؟
 س 22) ما تردد موجة بيلغ للطول الموجي لها 2 mm ؟
- س23) ما هي حزم الترددات المستخدمة في أنظمة المركز ويف Microwaves؟ ما صبب استخدام هذه العزم الترددية عن غير ها؟
- س24) ما أنظمة الاتصالات المبكروية Microwaves Communication من 24) ما أنظمة الاتصالات المبكروية
- من 25) ما الاعتبارات التي تأخذها ITU في الاعتبار عند وضع المواصفات للدولية للحزم الترديية؟
- س26) ما تأثير نقنية الأجهزة المستخدمة في النظام Technique of من 26) ما تأثير نقنية الأجهزة المستخدمة في المواصفات الدولية المحزم الترددية؟
 - س27) ما الاستعمال الرئيسي للترددات 11.7-10.7 في الأردن؟

- س27) ما الاستعمال الرئيسي للتربدات 7.11-6.43 في الأربن؟ كيف نقسم هذه للحزمة التربدية على هذه الاستعمالات؟
 - س28) ما أهمية فنوات الحماية؟
- س(29) ما أنظمة الاتصالات الميكروية Systems المستخدمة في الأردن؟
 - س30) ما مبدأ عبل نظام القبار الصناعية Satellite Systems!
- س31) ما مبدأ عمل أنظمة التشنت الثربوسفيرية Troposphere Scatter التربوسفيرية Systems
- مر32) إذا كانت عدد الفنوات الراديوية الكلية الإحدى الحزم الترددية يساوي 12 قناة، وعدد قنوات الحماية تساوي 2، فما عدد القنوات الراديوية العاملة لهذه الحزمة؟
- س33) إذا كانت عدد التتوات الراديوية الكلية الإحدى العزم الترددية بساري 10 قنوات، وعدد قنوات العملية تساري 2، ضما عدد القنوات الراديوية العاملة لهذه العزمة؟
- م34) إذا كانت عدد القنوات الراديوية الكلية الإحدى الحزم الترددية بساوي 10 قنوات، وعدد قنوات الصوئية لكل قناة راديوية تساوي 300 قناة، ضا اللحد الكلي القنوات الصوئية في الحالتين الاعتيادية وحالة العمل القصوى ؟
- س35) إذا كانت عدد القنوات الراديوية الكلية لإحدى الحزم الترددية يساوي 12 فنوات، وعدد قنوات الحماية تساوي 2، وعدد القنوات الصوئية لكل قناة راديوية تساوي 600 قناة، ضا العدد الكلي القنوات الصوئية في الحالتين الاعتيادية وحالة العمل القصوى ؟

- س36) استعن بجدول المواصفات لحساب القيم التالية لحزمة الترندات -7.125 ... 7.425 GHz
 - 1. التردد المركزي Central Frequency.
 - 2. عرض الحزمة Band Width .
 - 3. عدد القنوات الراديوية العاملة.
 - 4. عدد القوات الصونية الكلية .
- - 1. التردد المركزي Central Frequency.
 - 2. عرض الحزمة Band Width
 - عدد القنوات الراديوية العاملة.
 - عدد القنوات الصوتية الكلية (في الحالتين العادية والقصوى).
- س38) استمن بجدول المواصفات لحساب القيم التالية لحزمة الترددات 7.725-8.275GHz
 - 1. التردد المركزي Central Frequency.
 - 2. عرض الحزمة Band Width
 - عدد القنوات الراديوية العاملة.
 - 4. عند القنوات الصونية الكلية (في الحالتين العادية والقصوى).

الوحدة الثانية



1

الوحدة الثانية:

حسابات الوصلة الراديوية

2-1 خواص انتشار الأمواج المبكروية

microwaves propagation

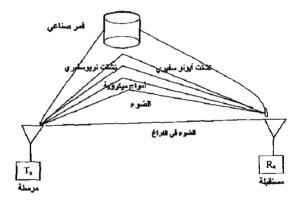
ان الإشارات الكهربائية ذات الترددات المختلفة تبث بواسطة هوائي المرسلة Transmitter لنتحول إلى موجات كهرومغناطيسية تنتقل عبر الهواء أو الفراغ الخارجي حتى نصل إلى هوائي المستقبلة Receiver والذي يلتقط الموجة وبعيد تحويلها إلى إشارة كهربائية مشابهة للإشارة الأصلية.

وعملية انتقال الموجات الميكروية من المرسلة إلى المستقبلة تتم بأكثر من طريقة. فقد تتنقل الموجات بشكل مباشر من المرسلة إلى المستقبلة. وقد متحرض الموجة خلال انتقالها إلى تغير في خواص الوسط الناقل (حيث ان طبقات الجو المختلفة ليست منجائمة حيث نقل كثافة الهواء كلما ارتفعا عن سطح الأرض ، كم أن نسبة الرطوبة فوق سطح البحر أعلى بكثير من قيمتها فوق البياسة، وغيرها من التغيرات). وهذا التغير في كثافة الوسط الناقل يودي إلى انكسار الموجات المبكروية وبالنالي عند المستقبل يتم استقبال الموجة المنكسرة ذات فرق في الطور عن الموجة الأصلية.

وسيلة أخرى لإرسال واستقبال الموجات الميكروية هي بواسطة الأثمار الصناعية Satellites، حيث نبث الموجات من هوائي المرسلة إلى القمر الاصطناعي الذي بستقبل تلك الموجة ويعيد إرسالها إلى هوائي المستقبلة الأرضى، والميزة الخاصة بهذه الطريقة كبر المساحة التي يخطيها البث.

أي يمكن تلخيص الطرق التي يتم بها نقل الموجلت الراتيوية بما يلي:

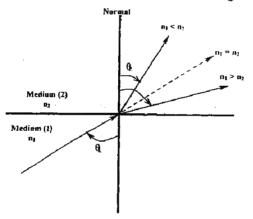
- نظام الانتشار العباشر من المرسلة إلى المستقبلة، أي نظلم خط النظر المباشر (Line of Sight (LOS) والتي يمكن تمثيلها بخط مستقيم متجه من المرسلة إلى المستقبلة.
 - 2. يواسطة الأقمار الصناعية Satellites.
- انعكاس الأمواج عن سطح الأرض (أو مسطح أملس) وارتدادها ووصول الموجة المنعكسة Reflected Waves إلى المستقبلة.
 - لا تشتت التربرسفيري Scattering و الو الحيود Diffraction.
 و الشكل التالي بوضح الطرق المختلفة الانتقال الموجات الميكروية:



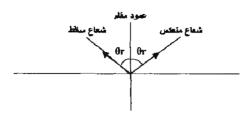
أن موضوع دراستنا في هذه المرحلة هو نظلم خط النظر المباشر قرب مطح الأرض (نظام انتشار الموجات المباشر) ثو مسافات النقل المحددة. والموجات الميكروية في هذه الحالة تتنشر تقريبا بخط مستقيم كما الأشعة

الضوئية وبالثالي لهما تقريبا نفس الخصائص الفيزيائية والتي يمكن تلخيصها بما يلي:

إ. عند انتقال الموجة من وسط إلى آخر يختلف عنه في الكثافة تتعرض الموجة إلى ظاهرة الانكسار، وتبرز هنا حالتين :إما ان الموجة كانت في الوسط الوسط الكثيف وانتقلت إلى الوسط الأمل كثافة، أو أنها كانت في الوسط الأمل كثافة، والشكل التالي يمثل وضع الأمل كثافة وانتقلت إلى الوسط الأكثر كثافة. والشكل التالي يمثل وضع الشعاع للمنكسر لكل من الحالتين:



2. عند تعرض الموجة إلى سطح أملس أو الأراضي الرطبة والمروية المتواصل المتعامل براوية المتواط المتعامل والمتعامل والمتعامل والمتعامل والمتعامل والمتعامل والمتعامل والمتعامل المتعامل المتعامل المتعامل والمتعامل المتعامل المتعام



 تؤثر الدواجز الصلية كالبنايات والجبال والتلال في انتشار الموجات، حيث لا تسمح بمرور الموجات بشكل مباشر (لا يمنع ذلك من انتقال جزء من الموجة تبعا لظاهرة هاجينز).

2-2 شدة المجال Intensity

غالبا ما يتم تمثيل انتشار الموجات المبكروية (أو الضوئية) بخطوط مستقيمة. ولكن هذا التمثيل لا يفي بالغرض الشرح كافة الظاهر التي تتعرض لها على الموجات. وبالتالي نحتاج إلى طريقة تمثيل أخرى تكون مناسبة الشرح هذه الظواهر. وتذلك سنمثل الموجات كأنها موجات كروية (نتتشر بشكل دوائر كمال الموجات المتكونة على مطح ماء راكد عند إلقاء حجر فيه).

ونعلم أن مصدر الموجة هو هواتي المرسلة، وعند النظر إليه من مسافات بعيدة يظهر اننا كتفطة وبالتألي يمكن تمثيل مصدر الموجات بنقطة (أي اعتباره مصدر نقطي)، والموجات المرسلة تأخذ شكل دواتر منبعثة من هذا المصدر النقطي ومنتشرة إلى جميع الاتجاهات بشكل منقظم.

بقوم هواني المرسل بيث الموجات الميكروية بقدرة معينة (P₁) والتي يجب أن تكون كبيرة بالقدر الكافي الذي يسمح لها بالوصول بشكل جيد ومقروء إلى المستقبلة. ولكن هذه قدرة الموجة المستقبلة سوف تتناقص بشكل

تتريجي كلما ابتعنا عن المصدر. ويصبح ما يهمنا معرفته هو شدة المجال عند نقطة معينة من المنطقة التي يعطيها البث.

تعرف شدة مجال وجة عند نقطة معينة بنسبة قدرة الموجة المرسلة P₁ المساحة البث عند تلك النقطة A ووحدتها "Watt/m" وتحسب هذه المساحة بين نقطة المراد قباس شدة المجال عندها (التي تمثل نصف قطر دائرة البث P) عن النحو التالي:

 $A=4\pi R^2$

وبالتالي يمكن كتابة قانون شدة المجال على النحو التالي: I= P_r/ A= Pt/4π R²

نلاحظ أن الملاكة بين شدة المجال والمسافة تخضع لقانون التربيع العكسي، حيث تتناسب شدة المجال تناسب عكسي مع مربع المسافة بين المرسلة ونقطة القياس وانترضيح قانون التربيع العكسي سنستعرض المثال التالي.إذا فرضنا أن لدينا مصدر ضوء نقطي Point Source فإن شدة الإضاءة بالقرب من المصدر تكون كبيرة ، ولكنها تتنافس كلما ابتعنا عن المصدر وينسبة متناسب مع مربع البعد عنه، أي أن لورجلين يقفان بالقرب من المصدر، أحدهما على مسافة آلى ضعف مسافة الأول على مسافة الأول شاوي: R2=2R1 ، فإن شدة الإضاءة في النقطة الذي يقف فيها الشخص الأول تساوي:

 $I_1 = P/4\pi R_1^2$

وشدة الإضاءة في النقطة التي يقف فيها الشخص الثاني تساوي:

 $I_2 = P_1/4\pi R_2^2 = P_1/4\pi (2*R_1)^2$ = $P_1/16\pi R_2^2 = I_1/4$

 $I_2 / I_1 = 4$

أي أن بزيادة المسافة إلى الضعف قلت شدة الإضاءة إلى الربع.

ونفس القانون ينطبق على العلاقة بين شدة الموجة الميكروية وعلاقتها ببعد المسافة عن نقطة القياس.

مثل 1: إذا كانت قدرة المرجة المرسلة P₁=100w ، فما قيمة شدة المجال المرجة عند نقطة تبعد عنها مسافة 20 Km ؟

الحل:

بنطبيق القانون الذي يعطي العلاقة بين البعد وشدة المجال نحصل على: $J=P_f/A=Pt/4\pi~R^2$ = $100/4\pi~(20 * 10^3)^2=199~mwatt/m^2$

مثال2: ما النسبة بين شدة المجال لموجة عند نقطة تبعد عن المصدر مسافة [R=3R] وشدة المجال عند نقطة أخرى تبعد عن المصدر مسافة [R=3R]

الحل:

نحسب شدة المجال عند كل نقطة ثم نجد النسبة بين القيمتين: $I_1 = P_1/4\pi\,R_1^2$ $I_2 = P_1/4\pi\,R_2^2 = P_1/4\pi\,(3^*R_1)^2$ $= P_1/36\pi\,R_1$ $= P_1/36\pi\,R_1$ بقسمة I_1 نحصل على النسبة المطلوبة: I_2 أند $I_1 := (P_1/36\pi\,R_1)/(P_1/4\pi\,R_1)^2$

1/9 = 1/9
 مثال3: إذا كانت قدرة الموجة المرسلة يساوي 150 watt ، فعلى أي بعد يجب أن يكون هوائى المستقبلة للتحقيق شدة مجال تساوى 2μw/m² ؟

الحل:

بنطبيق الفانون الذي يعطي العلاقة بين البعد وشدة المجال نحصل على: $I=P/A=Pt/4\pi\ R^2$ $R=\sqrt{(Pt/4\pi^*I)}$

 $=\sqrt{(150/4\pi^*2^*10^{-6})}$ $=\sqrt{5968310}=2.443 \text{ Km}$

مثال4: ما القدرة التي يجب أن نرسل بها الموجة لكي نحصل على شدة مجال الموجة يساوي 10Km عند مستقبلة نقع على بعد 10Km من المرسلة؟

الحل

بنطيبق القانون للذي يعطي العلاقة بين البعد وشدة المجال نحصال على: $I=P_{c}/A=Pt/4\pi\,R^{2}$ $P_{t}=I^{*}4\pi\,^{*}R^{2}$ $=0.1^{*}10^{*6}4\pi^{*}\left(10^{*}10^{3}\right)^{2}$ =130~watt

3-2 قدرة الموجة المستقبلة Power of Received Wave

كما ذكرنا سابقا قوم هواني المرسلة بإرسال الموجات بقدرة إرسال معينة P. وكلما ابتعننا عن نقطة الإرسال تضعف الإشارة بنسبة نتناسب عكسيا مع مربع البعد عنها (علاقة شدة العجال بالمسافة).

وبالتالى فحدما نضع هواتي استقبال على مسافة A من المرسلة فان المعتوفع في قدرة الموجة المستقبلة ، P نكون أقل من القدرة المرسلة ولكنها نتناسب مع قيمة الموجة المرسلة تناسب طردي ، أي كلما زائت قيمة الموجة المستقبلة، ويمكن التعبير عن هذه العلاقة على النحو النالى:

Pra Pt

كما أن من العوامل الأخرى للتي تؤثر على فيمة القدرة المستقبلة هو الهواشي Antenna المستخدم (لكل من العرسلة والمستقبلة). فلكل هواشي مقدار كسب خاص به G وكلما كانت قيمة هذا الكسب أكبر كلما كانت قيمة للقدرة المستقبلة كانت كبيرة، أي أن الملاقة بين القدرة المستقبلة وكسب الهوائيين (G.G.) علاقة طردية تمثل بالملاقة التالية:

 $P_r \alpha G_t G_r$

ويناء على قانون العكسي فإن العلاقة بين القدرة المرسلة والمسافة بين هواني المرسلة وهواتي المستقبلة D هي علاقة عكسية تربيعية، ويمكن تمثيل هذه العلاقة على اللحو الذالي:

 $P_r \alpha 1/D^2$

عامل أخر يؤثر على قيمة القدرة المستقبلة وهو تردد الموجة المرسلة Frequency حيث أن العلاقة تربيعية عكسية بينهما ، أو يمكن القول أن العلاقة لتي تربيعية طردية بين القدرة المرسلة والطول الموجي لم بناء على العلاقة التي تربيط التردد £ بالطول الموجى لم وهي:

 $\lambda = c/f = 3*10^8/f$

حيث تمثل c معرعة الضوء في الفراغ.

وبالنالي يمكن كتابة العلاقة بين القدرة المرسلة وكل من التردد أو الطول الموجى على النحو النالي:

 $P_r a (1/f)^2$ $P_r a \lambda^2$

ذلك بدل على أن الأمواج الميكروبة والضوئية بشتركان فيما بلي:

- العلاقة التربيعية العكسية مع التردد.
 - قانون التربيع العكسي مع المسافة.

بناء على كل ما ذكر يمكن تلخيص العوامل للتي تعتمد عليها فيمة القدرة العرسلة بالعوامل الثالية:

- أدرة الموجة المرسلة ،P.
- 2. تردد الموجة المرسلة (أو الطول الموجى لها).
- المسافة بين هواتي المرسلة وهواتي المستقبلة D.

فيمكن كتابة العلاقة النهائية اقدرة الموجة المستقبلة على النحو التالى:

$$P_t = P_r G_t G_r \lambda^2 / (4\pi D)^2$$

Or

$$P_t = P_r G_t G_r c^2 / (4\pi * f * D)^2$$

غالبا ما يعد معامل كسب الهوائي (سواء كان هوائي المرسلة أو هوائي المستقبلة) يساوى 1، مما يبسط المعادلتين الأخير نين إلى:

$$P_t = P_r (\lambda / 4\pi D)^2$$

Or

$$P_t = P_r (c / 4\pi * f * D)^2$$

وبواسطة أي من هانين المعادلتين يمكننا معرفة النسبة بين قدرة العوجة العرسلة P₁ وقدرة العوجة المستقبلة P₁، فنجد أن هذه النسبة هي :

$$P_t / P_r = (\lambda / 4\pi D)^2$$
Or

P. $/ P_r = (c / 4\pi^* f^* D)^2$

مثال1: حد قيمة قدرة الموجة المستقبلة بواسطة هوائي مستقبلة إذا علمت أن قدرة الموجة المرسلة بساوي watt والتردد المستخدم في الإرسال بساوي 15MHz كما أن نقطة الاستقبال نبعد 50Km عن المرسلة. ثم أو جد النمية بين القدرة المستقبلة والقدرة المرسلة.

الحل:

بالتطبيق المباشر لمعادلة القرة المرسلة نحصل على:

$$P_t = P_r(c / 4\pi^* f^* D)^2$$
= 100 (3*10⁸/4\pi*15*10⁶*50*10³)²
= 0.1 \text{ \text{\$\mu\$w}}

لإيجلا النسبة بين الفترة المستقبلة والقبرة المرسلة نضم القيمة الأولى على الذاتية فنحصل على:

$$P_1 / P_r = 0.1 * 10^{-6}/100 = 0.1 * 10^{-8}$$

تلاحظ أن نسبة ما يصل المستقلة من القدرة المرسلة هو قمة آليلة.

مثال2: جد قيمة قدرة الموجة المستقبلة بواسطة هواتي مستقبلة إذا علمت أن قدرة الموجة المرسلة يساوي 1000 watt والتردد المستخدم في الإرسال يتراوح بين 15MHz و30MHz كما أن نقطة الاستقبال تبعد 50Km عن المرسلة.

الحار:

أن قيمة القدرة المستقبلة سوف يتراوح بين فيمتين تبعا لقيمة التردد اللحظي المستخدم. والإيجاد حدود مدى القدرة المستقبلة يجب حساب فيمته عند قيمتي التردد العليا والمعلى:

أو لا: القدرة المستقبلة عند تريد 15MHz:

$$P_t - P_r(c/4\pi^*f^*D)^2$$
= 1000 (3*10*/4\pi*15*10^6*50*10^3)^2
= 1 \(\mu\w)

نانيا: القدرة المستقبلة عند تردد 30MHz:

$$P_{t} = P_{r}(c/4\pi^{4}f^{*}D)^{2}$$
= 1000 $(3^{*}10^{3}/4\pi^{*}30^{*}10^{6*}50^{*}10^{3})^{2}$
= 0.25 μ W

[$I \mu w$, 0.25 μ W]

لاحظنا في هذا المثال كيف قلت قيمة القدرة المستقبلة إلى الربع عند زيادة التردد إلى الضحف (علاقة عكسية تربيعية).

مثال3: أعد الإجابة على المثال السابق إذا علمت أن لهواني المرسلة معامل كسب بسارى 2 وأن لهراني المستقبلة معامل كسب بسارى 4.

الطن:

في هذه الحالة نطبق المعلالة الأصلية الحساب القدرة المستقبلة والتي نأخذ فيها معامل كسب كل هواني بعين الاعتبار ونعيد الخطوات التي نفذناها في المثال السابق.

أو لا: للقدرة المستقلة عند تريد 15MHz:

 $P_t = P_r G_t G_r (c /4π*f* D)^2$ = 1000*2*4* (3*10*/4π*15*10⁶*50*10³)² = 8 μw

تانيا: القدرة المستقبلة عند تريد 30MHz :

 $P_t = P_r G_t G_r (c /4π*f* D)^2$ = 1000*2*4* (3*10*/4π*30*10*50*10³)² = 2 μw

إذا أن قيمة القدرة المستقبلة يتراوح في هذه الحالة بين(w μw , 2 μw).

4-2 فقد الفراغ الخارجي Free Space Losses (F.S.L) فقد الفراغ الخارجي

كما تعلمنا فان الموجة المرسلة عبر هوائي المرسل إلى الفراغ الخارجي تتعرض إلى عوامل كثيرة نؤدي إلى إضعافها، فلا تصل إلى هوائي المستثبل بنفس القيمة التي أرسلت بها. وعلمنا أن عوامل كثيرة تؤثر في قيمة الغدرة المستقبلة لخصت بما يلي:

- 1. قدرة الموجة المرسلة .P.
- 2. نردد الموجة المرسلة (أو الطول الموجى لها).
- المسافة بين هواتى المرسلة و هواتى المستقبلة D.

وحصلنا على معادلة النمبة بين الفدرة المرسلة والقدرة المستقبلة بالشكل النهائي التالي (على فرض أن معامل كسب الهوائي يسلوي 1): $P_{\rm c}/P_{\rm c}\!=\!(c/4\pi^*f^*\,D)^2$

ويما أن هذه المعادلة ثمثل نسبة النهائية الواصلة الممسئةبل (القدرة المستقبلة) إلى قيمة القدرة المرسلة من المرسل فهي تمثل معامل الكسب أو الفقد الذي تعرضت له الموجة (وفي حالة الأمواج المبكروية المرسلة عبر الهوائي فان ما نحسبه هنا يمثل الفقد وليس الكسب لأتنا لا نتوقع أن نزداد القدرة عند هوائي المستقبل وإنما تتخفض وبشكل ملحوظ كما سبق وبرسنا). فيمكن التعبير يصورة لوغاربتمية (بالديسييل) عن مقدار الفقد في الفراغ الخارجي (F.S.L)

F.S.L = -10 Log[$(c/4\pi^*f^* D)^2$] = -20 Log[$c/4\pi^*f^* D$] = -20 [Log($c/4\pi$) - Log(f) - Log(D)] = -20 [Log($3^*10^8/4\pi$) - Log(f) - Log(D)] = -147.5 + 20 Log(f) +20Log(D) dB

ان الإشارة السالبة في القانون دلالة على أن الحاصل هوفقد وليس كسب. وتكون وحدة كل من النزدد والمسافة عند تطبيقها في هذا القانون على النحو التالي:

> التردد: يحسب بالهر تر Hz. المسافة: تحسب بالمتر m.

ولذا أردنا تطبيق التردد بوحدة MHz والعماقة بوحدة Km فيجب تعديل القانون على النحو التالى:

F.S.L =
$$\sim 147.5 + 20 \text{ Log}(f) + 20 \text{Log}(D)$$

= $\sim 147.6 + 20 \text{ Log}(f * 10^6) + 20 \text{Log}(D * 10^3)$
= $\sim 147.5 + 20 \text{ Log}(f) + 20 \text{ Log}(10^6) + 20 \text{Log}(D) + 20 \text{Log}(10^3)$
= $\sim 147.5 + 120 + 60 + 20 \text{ Log}(f) + 20 \text{Log}(D)$

= 32.5 + 20 Log(f) + 20 Log(D) dB

ولذا أردنا تطبيق التردد بوحدة GHz والمسافة بوحدة Km فيجب تعبيل القانون على النحر التالي:

$$F.S.L = -147.5 + 20 Log(f) + 20Log(D)$$

$$= -147.5 + 20 Log(f*10^9) + 20Log(D*10^3)$$

$$= -147.5 + 20 Log(f) + 20 Log(10^9) + 20Log(D) + 20Log(10^3)$$

$$= -147.5 + 180 + 60 + 20 Log(f) + 20Log(D)$$

$$= 92.5 + 20 Log(f) + 20Log(D) dB$$

وبنفس الأسلوب نستطيع أن نجد العلاقة للتطبيق المباشر لإيجاد فقد. الفراغ الخارجي إذا كانت الوحدة المستخدمة للتردد هي MHz والوحدة المستخدمة للمسافة هي mile ، فنحصل على العلاقة التالية:

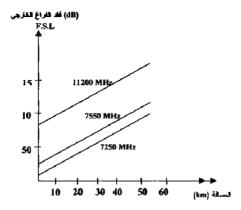
$$F.S.L = 36.6 + 20 Log(f) + 20 Log(D)$$
 dB

كل المعادلات المنكورة التي تربط فقد الفراغ الخارجي بالتردد والمساقة توضح أن العلاقة طردية لوغاريشية بين :

أ. فقد للفراغ الخارجي والتردد.

2. فقد الفراغ الخارجي والمسافة.

فعثلا بزيادة المسافة إلى الضعف يزداد فقد الفراغ الخارجي بمقدار 20Log(2)=6 dB والمخطط التالي يوضح العلاقة بين فقد الفراغ الخارجي وكل من المسافة عند ترددات مختلفة:



مثال1: ما قيمة فقد الغراغ الخارجي لموجة نرددها 20MHz، إذا كانت المساقة بين المرسل والمستقبل تساوى 45KHz ؟

الحل:

بالإمكان تطبيق المعادلة الأساسية لإيجاد قيمة فقد الفراغ الخارجي على النحر التالي:

أو من الممكن تطبيق المعادلة الخاصة بالترددات بوحدة MHz و المسافة بوحدة Km ، فنحصل على:

نلاحظ أنناً حصانا على النتيجة نفسها بكل من الطريقتين.

مثل2: جد المسافة (بالميل) التي يجب أن نضع عندها هو التي المستقبلة إذا أردنا المصول على فقد فراغ خارجي لا يتعدى 100 dB . إذا كان التردد المستخدم في الإرسال يسلوي 10 MHz

الحاء:

من الأنسب أن نستخدم المعادلة التي ستعطينا المساقة بالميل مباشرة:

F.S.L = 36.6 + 20 Log(f) +20Log(D)

100 = 36.6 + 20 Log(10) +20Log(D)

20Log(D) = 100 - 36.6 - 20 Log(10)

= 100 - 36.6 - 20

= 43.4

Log(D) = 43.4/20 = 2.17

 $D = Log^{-1}(2.17) = 147.9$ mile

مثال3: ما للتغير في قيمة فقد الفراغ الخارجي إذا لتخفض التردد الموجة المرسلة الى النصف؟

الحل:

يجب أن نجد معلالة فقد الفراغ الخارجي العامة للحالة الأولى والمحالة الثانية بعد اخفاض التردد إلى النصف ونجد الفرق بين المعادلتين والذي يمثل التغير في قيمة الفقد الخارجي:

الحالة الأولى: النردد = f

 $F.S.L_1 = 36.6 + 20 Log(f) + 20 Log(D)$

الحالة الثانية: التردد = f/2

F.S.L₂ = 36.6 + 20 Log(f/2) + 20 Log(D)= 36.6 + 20 Log(f)- 20 Log(2) + 20 Log(D)

وبإيجاد الفرق بين المعادلتين نحصل على قيمة التغير المطلوبة:

أي ان فيمة فقد الفراغ الخارجي انخفضت بمقدار 6 dB عند انخفاض التردد إلى النصف.

مثل 4: ما التغير في قيمة فقد الفراغ الخارجي إذا ارتفع كل من المسافة والتردد الموجة العرسلة إلى الضعف؟

الحل:

كما في المثال السابق سنجد معادلة فقد الفراغ الخارجي العلمة للحالة الأولى وللحالة الثانية بعد زيادة التردد والمسافة إلى الضعف ونجد الفرق بين المعادلتين والذي يمثل التغير في قيمة الفقد الخارجي:

الحالة الأولى: التردد=f والمساقة =D

$$F.S.L_1 = 32.5 + 20 Log(f) + 20 Log(D)$$
 dB
 $2D = 2D + 20 Log(D)$ dB

$$F.S.L_2 = 32.5 + 20 Log(2f) + 20 Log(2D)$$
 dB

$$= 32.5 + 20 \operatorname{Log}(f) + 20 \operatorname{Log}(2) + 20 \operatorname{Log}(D) + 20 \operatorname{Log}(2)$$

$$F.S.L_2 = 32.5 +20 Log(f) +20Log(D) +6+6$$

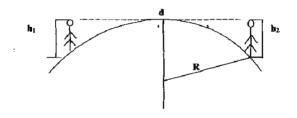
= 32.5 +20 Log(f) +20Log(D) +12

وبإيجاد الفرق بين المعادلتين نحصل على قيمة التغير المطلوبة:

أي لن قيمة فقد الفراغ الخارجي ازدادت يمقدار 12 dB عند زيادة كل من التردد والمسافة إلى الضعف.

2-5 تَغْيَر قَعِنَاءِ الأَرْضَ فِي النَشَارِ الأَمْوَاجِ الميكروية

كما نعلم ان الأرض ليست مستوية وإنما كروية الشكل، ولذلك فان روية الأثنياء على سطح الأرض ليست مستوية وإنما كروية الشكل، ولذلك فان روية السقينة القادمة في البحر إلا بعد وصولها لنقطة معينة منه. ويكلمات أخرى، فإن خط النظر المباشر لا يصل إلى ما لانهاية وإنما محصور بمسافات محددة تتناسب مع طول الشخص ونصف قطر الأرض ومدى الحذاء الأرض في المنطقة. والشكل الثالي يوضح هذا المفهوم:



وما يقال عن خط نظر الإنسان يقال عن انتقال الأمواج الميكروية انتقال مباشر (خط النظر المباشر). فالأمواج المنتقلة بخط النظر المباشر لا يمكنها الوصول إلى مختلف الأملكن على مطح الأرض أو إلى مسافات منتاهية في البعد، وإنما تحدد المسافة التي يصل إليها البث بمدى ارتقاع كل من هواتي المرسلة والمستقبلة عن مطح الأرض. لا بد من تحديد الملاقة التي تربط ارتفاع شخصين (أو هو البين) و المدى الذي يستطيع خط النظر المباشر بالرصول له، بمعنى آخر يجب تحديد العلاقة بين أقصى مسافة ببعد بها شخصين أو هو البين عن بعضهما البعض بحيث يبقى بإمكان كل منهما ووية الآخر.

لإيجاد هذه العلاقة من الشكل السابق - تحدد أولا بعض الرموز المستخدمة وهي:

h: ارتفاع (طول) الجسم الأول عن سطح الأرض،

h2: ارتفاع (طول) الجميم الثاني عن سطح الأرض.

r: نصف قطر الكرة الأرضية ويساوي 6370Km.

d : أقصى مسافة بين الجسمين يصله خط النظر المباشر L.O.S.

من الشكل المعابق نميز متأثين قائمي الزاوية. المثلث الأول له الضلعين (d_1,r) وله الوتر $(r+h_2)$ وله الوتر (d_2,r) وله الوتر (d_3,r) و يتمامين قاعدة فيثاغور من على كل منهما نحصل على:

$$(r+h_1)^2 = d_1^2 + r^2$$

 $r^2 + 2rh_1 + h_1^2 = d_1^2 + r^2$
 $2rh_1 + h_1^2 = d_1^2$

وبما أن قيمة h₁ مسغيرة جدا (بالأمتار) نسبة إلى r (بالكيلومترات) فان تربيعها يمكن إهماله فتصبح المعاملة الأخيرة على النحر الذالي:

$$2rh_1 = d_1^2$$
$$d_1 = \sqrt{2}rh_1$$

ويتطبيق نفس المعادلات على المثلث الآخر نحصل على نفس التتيجة: d₂ = \d2rh₂ وبالتالي فان أقصي مسافة بين الجسمين يصله خط النظر المباشر L.O.S نساوى:

$$\begin{aligned} \mathbf{d} &= \mathbf{d_1} + \mathbf{d_2} \\ &= \sqrt{2} \mathbf{r} \mathbf{h_1} + \sqrt{2} \mathbf{r} \mathbf{h_2} \\ &= \sqrt{2} \mathbf{r} \left[\sqrt{\mathbf{h_1}} + \sqrt{\mathbf{h_2}} \right] \\ &= 3.57 \left[\sqrt{\mathbf{h_1}} + \sqrt{\mathbf{h_2}} \right] \end{aligned}$$

حيث h و h بالأمثار، و d بالكيلوسترات.

مثال1: ما أطول مسافة تفصل بين رجلين طول الأول 180cm وطول الثاني: 170cm بحيث يستطيع كل منهما رؤية الآخر بخط نظر مباشر؟

10 1

الحل:

بالتطبيق المباشر للعلاقة السابقة مع مراعاة الرحدات المستخدمة في المعادلة، نجد أن:

$$d = 3.57 \left[\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right]$$

= 3.57 \left[\sqrt{1.8} + \sqrt{1.7} \right]
= 9.44 Km

مثل 2: إذا كان هواتي المرسلة على ارتفاع 50m والمسافة بين المرسلة. والمستقبلة 75Km ، قطى أي ارتفاع بجب أن يوضع هواتي المستقبلة لكي تصل الأمواج المرسلة بخط مباشر؟

الحل:

بالتطبيق المباشر العلاقة السابقة مع مراعاة الوحدات المستخدمة في المعادلة، نجد أن:

$$d = 3.57 \left[\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right]$$

$$75 = 3.57 \left[\sqrt{50} + \sqrt{h_2} \right]$$

$$\sqrt{50} + \sqrt{h_2} = 75/3.57$$

$$\sqrt{h_2} = 21 + 7 = 28$$

$h_2 = 5.3 \text{ m}$

أي يجب أن نضع هوائي المستقلة على ارتفاع 5.3m عن سطح الأرض كحد أدني لكي يتمكن من التقاط الموجة المنتشرة بخط النظر المباشر من المرسل.

غالبا ما يوضع هوائي المستقبلة على ارتفاع أقل من الارتفاع الذي يكون عليه هوائي المرسلة. ولا يعنع هذا الفانون من أخذ أمور كثيرة بسين الاعتبار الذي تحكم المسافة بين الهوائيين كطبيعة الأرض وما عليها من تضاريس كالجبال والتلال أو الودبان أو البنايات والأشجار الذي يمكن أن تحجب الرؤية (أو تقف حاجز دون مرور الأمواج المرسلة) فقد نعتاج في مثل هذه الحالات أن نضع الهوائي على ارتفاع أعلى من الارتفاع المحسوب بناء على الفانون المذكور أعلاد.

6-2 العوامل المؤثرة على ارتفاع الهوائيات

ان الارتفاعات التي يجب أن توضع عليها الهوافيات ليست عشوانية ولجما تحكم بعدة عوامل. وهذه العوامل تحدد تبعا المساوات التي تتنشر بها الموجة من المرسلة إلى المستقبلة:

- 1. مسار مباشر Direct :أمواج منتشرة انتشار مباشر (خط النظر المباشر Direct Waves (L.O.S
- 2. مسار غير مباشر Indirect : ممثل بالأمواج المنعكسة عن الأسطح الملساء Reflected Waves
- مسار غير مباشر Indirect : ممثل بالأمواج لمنكسرة عن طبقات الجو المختلفة الكافة Refracted Waves .

ان كل من هذه الأمواج بوثر في تحديد ارتفاع الهوائي بشكل معين. فالأمواج المنتشرة بخط النظر العباشر بين مرسلة ومستقبلة بينهما مسافة محددة تحكم ارتفاع كل من الهوائيين نبعا المعلاقة التي تم اشتقافها في الموضوع السابق، وهي:

$$d = 3.57 [\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}]$$

فإذا كانت المسافة معينة بين المرسل والمستقبل وكان هوائي المرسل على ارتفاع معين، فإن هوائي المستقبل بجب أن يخضع للعلاقة المذكورة التحديد أرتفاعه عن سطح الأرض.

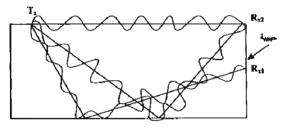
ان الموجة المرسلة تتعكس عن الأسطح الملساء كالتربة الرطبة والمروية أو سطح البحر بزاوية مقوط مساوية لزاوية الانعكاس. وبالتالي تملك أشعة الأمواج المنعكسة مسار غير مباشر لكي تصل إلى نقطة الاستقبال. ومن خواص انعكاس الأشعة حدوث فرق طور Phase Shift بين شعاع موجة المسار المباشر وشعاع الموجة المنعكسة Reflected مقداره 180° إذا كان المسار المباشر وشعاع الموجة المنعكسة كاملة أو عدد صحيح من الموجئين نفس طول المسار أو بغارق طول موجة كاملة أو عدد صحيح من مضاعفاتها (لممل)، حيث n تمثل أي عدد صحيح. وعدد لجتماع هاتين المستقبل ستلغي إحداهما الأخرى (لا يستقبل المستقبل المستقبل المستقبل المستقبل المستقبل المستقبل المستقبل المستقبل المستقبل أي

وعند زيادة ارتفاع أبراج الهوائيات فان الفارق بين المسافة المقطوعة في الموجة المباشرة والموجة المنعكسة يزداد، فإذا ما تمت معايرة ارتفاع الأبراج ليكون هذا الفرق مساوي لنصف طول الموجة (3/2) فان فرق طور Phase Shift أخر مقداره 180° سوف ينتج بين الموجئين، وبالتالي يصبح فرق الصفحة الكلي بين الموجئين بساوي 360° وبالتالي سيتم جمع الموجئين

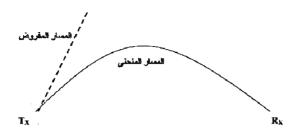
عند هوائي المستقبل عوضا عن إلغاء إحداهما الأخرى (يتم تعزيز الموجة عند هوائي الاستقبال لدرجة نصل للى الضعف).

أما إذا ما نمت معايرة ارتفاع الأبراج ليكون هذا الغرق مساوي لأي قيمة نسبة للطول الموجي ولكن ليس بالضبط 4/2 أو 4، ففي هذه المحالة أيضا ينتج فرق طور بين الموجئين ولكن بقيم تتراوح بين 0° و180° وبالتالي عند جمع الموجئين المجتمعتين عند هوائي المستقبل نحصل على موجة ذات قيمة يتبعا لقيمة الزاوية.

والشكل التالمي يوضح الموجئين المباشرة والمنعكمية وتأثير الرنفاع الهوائمي على الموجة للمحصلة منهما:



ان طبقات الجو المحيطة بالكرة الأرضية غير متجانسة، فكلما ارتفعنا عن سطح الأرض قلت كمية الغلالات الموجودة وبالتالي انخفضت كثافة الهواء في نلك الطبقة. ونتيجة هذا الاختلاف في الكثافة بين طبقات الموروية موف (الطبقة الأيونسفيرية والترويوسفيرية) فان أشعة الموجات الميكروية موف نتعرض للانكسار Reflection عند مرورها من طبقة الى أخرى، وإذا ما تعرضت الموجة إلى عدة إنكسارات منتالية فسنبدو وكأنها منحنية منجهة من المرصل باتجاه المستقبل كما هو موضح في الشكل التالي:



وبجب أن يعاير ارتفاع الهوائيات بحيث بستطيع هوائي المستقبل التقاط المرجة المنعكسة.

ان العوامل الجوية المختلفة من الرياح والرطوبة والأمطار والحرارة ومستوى بخار الماء والضغط وغيرها يؤثر في عملية الإرسال والاستقبال أيضا. حيث تؤثر على شكل لنحناء الموجة من المرسل إلى للمستقبل.

نعرف أو لا العامل K عامل نحدد قيمته نبعا للظروف والعوامل الجوية المختلفة السابقة الذكر ونظرا لكون هذه الظروف غير ثابئة وإنما متغيرة خلال المسار الذي تقطعه الموجة فان هذا العامل ليضا متغير وليس ثابت القيمة كونه معيار لمهذه الظروف. فعند انتقال الموجة من المرسل Tx إلى المستقبل Rx فان العامل كم يحدد طبيعة انحناء الموجة. وبالإمكان نمييز ثلاث حالات:

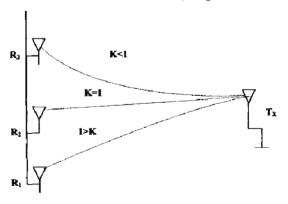
- I. K>1 : في هذه الحالة تتحنى حزمة الأتبعة للأسفل، وهذه هي الحالة الاعتبادية Normal والذي يجب ان يعاير فيها الرتفاع هوائي المستقبل $R_{\rm x}$
- نعي هذه الحالة تتحني حزمة الأشعة للأعلى، وهي حالة غير اعتبادية Abnormal، ويجب أن بعابر ارتفاع هوائي المستقبل R_x

ليكون على مستوى أعلى من اوتفاع هوائي المرمل T_x . عند انحناء المرجة نحو الأعلى فإنها نتعرض لخفوت كبير.

3. K=1 : في مثل هذه الحالة الخاصة نتبع حزمة الأشعة ممار خط مباشر ، ويجب ان يعاير فيها ارتفاع هواتي المستقبل $R_{\rm x}$ ليكون على نفس ارتفاع هواتي المرسل $T_{\rm x}$.

وكما ذكرنا فان قيمة K ليست ثابتة خلال مسار الموجة كله وإنما تتغير بتغير الظروف الجوية وبالتالي فيمكن أن تكون حزمة الأشعة منحنية للأعلى في منطقة ومنجنية إلى الأسفل في منطقة أخرى أو تسير بخط مستقيم في منطقة ثالثة.

والشكل التالي يوضح أسلوب النحناء الموجة نبعا لقيمة العامل K وتأثير ذلك على ارتفاع هوائي المستقبل:



مثل 1: إذا كان تردد الموجة المرسلة يملوي 300MHz الشرط الذي يجب تحقيقه في ارتفاع برج هوائي المستقبل لكي يتم جمع الموجئين المباشرة والمنعكمة عن سطح الأرض عند الاستقبال عوضا عن طرحهما؟

الحل:

إذا تمت معايرة ارتفاع البرج ليكون الغرق بين مسار الموجئين مساوي لنصف طول الموجئين أدر مقداره 1800 الخر مقداره 1800 مسوف ينتج بين الموجئين، وبائتالي يصبح فرق الصفحة الكلي بين الموجئين بسلوي 3600 وبالتالي سيتم جمع الموجئين عند هوائي المستقبل عوضا عن الفاء لحداهما الأخرى.

وفي هذه الحالة فان لا تساوى:

 $\lambda = c/f$ = 3*10⁸/300*10⁶

لإن يجب معايرة ارتفاع البرج ليكون الغرق بين مسار الموجنين \$0.5 مثال2: إذا عبرنا عن الموجدة ذات المسار المباشر بالعلاقة التالية:

 $E(t) = 20 \sin(2*10^{10}t)$

فأحد عن الأسئلة للنالية:

- إ. ما العلاقة التي تمثل الموجة المنعكسة؟ وما محصلة الموجئين عند هوائي المسئةبل؟
 - 2. ما الطول المرجى لهذه الموجة؟
- على أي ارتفاع بجب أن يكون برج هوائي المستقبل لكي يتم جمع الموجئين المياشرة والمنعكمة عن سطح الأرض عند الاستقبال؟

 إذا تمت معايرة ارتفاع برج الهوائي بحيث تحقق فرق طور ثاني قيمته 100° فقط، نما قيمة الموجة المحصلة عند الاستقبال في هذه الحالة؟

الحل:

1. ان الموجة المنعكسة لها نفس معادلة الموجة الأصلية ولكن يغرق طور 180° فتصبح معادلة الموجة المنعكسة على النحو التألمي: $E_c(t) = 20 \sin(2^* 10^{10} t + 180^\circ)$

محصلة الموجئين عند هوائي المستقبل هي ناتج الجمع , يساوى صغر بسبب فرق الطور °180

$$\begin{split} E_{\text{total}}(t) &= 20 \sin(2*10^{10}t + 180^{\circ}) + 20 \sin(2*10^{10}t) \\ &= -20 \sin(2*10^{10}t) + 20 \sin(2*10^{10}t) \\ &= 0 \end{split}$$

2. من الموجة الأصلية نجد أن السرعة الزاوية $\omega=2^*10^{10}$ وبالتالي فان الشرد يساوى:

$$f=\omega/2\pi$$
= $2*10^{10}/2\pi$ = $3.2*10^9$ Hz
= $2*10^{10}/2\pi$ = $3.2*10^9$ Hz
= $3*10^8/3.2*10^9$ = 0.094

 على ارتفاع يحقق فرق في المسافة بين المسار المباشر والمنعكس بقيمة 2/2 والذي نساوي :

$$\lambda/2 = 0.094/2 = 0.047$$

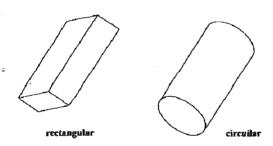
4. في هذه الحالة فإن علاقة الموجة المنعكسة تكون على النحو التالي: $E_r(t) = 20 \sin(2^*10^{10}t + 100^\circ)$

محصلة المرجنين عند هو التي المستنبل هي ناتج الجمع:
$$\hat{E}_{total}(t) = 20 \sin(2^*10^{10}t + 100^\circ) + 20 \sin(2^*10^{10}t)$$

$$= 25.7 \sin(2^*10^{10}t + 50)$$

7-2 فقد مرجة المرجه Losses of Wave Guide

لاحظنا أن الأمراج الكهرومغناطيسية تنتقل من نقطة إلى أخرى بينما يتم بثها إلى جميع الاتجاهات. ومن الممكن توجيه الموجة لكي تنتقل من نقطة محددة ألى بنقطة محددة أخرى في نظام مغلق من خلال التعامل مع موجه الموجة Wave Guide. وهومكون من موصل محاط بمادة عازلة يحمل الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Waves. ويوجد منه أنواع مختلفة مثل الدائري Circular والمستطيل Rectangular، نسبة إلى شكل المقطع العرضي للأنبوب (الموجه). كما هوموضح في الشكل التالي:



ويتصرف موجه الموجه كمصفى تمرير الحزمة العالبة High Pass Filter. وتتعرض الموجة المارة دلخل الموجه إلى فقد عند الترددات العالبة (فوق تردد القطع للموجه) الأسباب التالية:

- الخسارة الناتجة عن التيارات المارة في جدران الموجه.
- 2. الخسارة النائجة بسبب وجود العوازل بين صفائح الموجه.
- عدم انتظام أجزاء الموجه ونقاط عدم الاتصال فيه تسبب انعكاسات للموجة.
 و تعتمد فيمة هذه الخسائر على :
 - 1. توع المادة المكونة لجدر إن الموجه.
 - 2. مدى خشونة جدران الموجه.
 - 3. نوع المادة العازلة الموجودة بين جدران الموجه.

ويمكن النقليل من قيمة هذه الخسائر بطلي الجدران الدلخلية المبطنة للموجه بالذهب أو البلاتينيوم.

وجيث أن موجه الموجه يتصرف كمصفى تمرير الحزمة العالية High Pass Filter فان توهينا عالبا بحدث الموجة في التريدات دون تريد القطع ويكون هذا التوهين بسبب انعكامات الموجة عند مدخل الموجه عوضا عن انتشارها.

8-2 نظام الهو إلى ومعامل كسية Antenna and its Gain

كلما ازداد كسب الهوائي المستخدم (سواء في المرسلة أو المستقبلة) كلما ازدادت فيمة القدرة المستقبلة، ان استعمال هوائي صغير يجب أن يراققه نظام الرسال نو قدرة عالية، الأمر الذي يتطلب استخدام وحدات إضافية لزيادة القدرة التي تتطلب زيادة حجم البطاريات Battery والشاحن Charger والمضخمات Amplifiers وغيرها من الأدوات المساعدة لهذا الغرض.

نلاحظ التكلفة الإضافية المترتبة عن استخدام هوائي صغير، لذلك غالبا ما يستخدم هوائي نو كسب فعال في الأنظمة الميكروبة Microwaves كالمنافر كالمنافر المياشر L.O.S

ان عمل الهوائي في المستقبل R_x هو التقاط الموجة المطلوبة والتي تم يثها من مرسلة معينة T_x ولكن الهوائي لا يحتوي على نظام نكاء اصطناعي تمكنه من معرفة الموجة المطلوبة المحددة من بين جميع الموجات المنتشرة في الغراخ، ولذلك فان المعالية Activity التي يستقبل بها الهوائي الموجة المطلوبة لا تمثل كفاءته الفعلدة.

لن كسب الهوائي المستخدم (في كل من المرسل والمستقبل) يجب أن يحقق قدرة استقبال أعلى من القيمة الدنيا التي يمكن فهم الموجة المستقبلة بها والتي لا يستطيع نظام الاستقبال تدبيز الموجات دون هذا المستوى.

ان هواني المحطات الأرضية يجب ان تحقق الشروط التالية:

- ا. يجب ان يكون له كسب عالى مرجه Highly Directive Gain
- يجب أن يكون للهوائي درجة حرارة منخفضة نثيجة الضجيج .
 Noise Temperature
- يجب أن يكون الهوائي قابل التحرك بسهولة ليتم توجيهه بالاتجام المطلوب.

بوجد عدة أدواع مختلفة من الهواتيات التي تستخدم في أنظمة البث المختلفة سواء خط النظر المباشر L.O.S أو أنظمة الأقمار الصناعية Mobile أو الرادار Radar أو الإتصالات المتجركة Communications وغيرها من الأنظمة، ولكل نظام الهواتيات التي تتكيف مع طبيعة العمل والترددات المستخدمة له.

ومن الجدير بالمعرفة الطيف الترددي لأنظمة الأقمار الصناعية والموضحة بالجدول التالي:

| Frequency Band | Range in GHz |
|----------------|--------------|
| L | 1-2 |
| S | 2-4 |
| С | 4-8 |
| х | 8-12 |
| KU | 12-18 |
| K | 18-27 |
| Ка | 24-40 |
| Millimeter | 300 |

وفي ما يختص بنظام خط النظر المباشر L.O.S ، فإن الهواتيات المستخدمة في هذا النظام هي:

- 1. هوائي القطع المكافئ العاكس Parabolic Reflector
 - 2. موائي كاسيجرين Cassegrain
 - 3. الهوائي العاكس البوقي Horn Reflector
- 4. هو قيات حارف الحزمة Beam Reflector Antennas

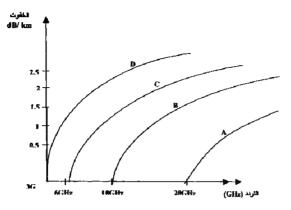
علمنا من المواضيع السابق طرحها في هذه الوحدة أن القدرة المستقبلة P, بواسطة هوائي المستقبل Receiver نعتمد على عوامل عدة (لقد تم مناقشة تأثير الثلاثة نقاط الأولى بالتقصيل في ما سبق من المواضيع) هي:

- 1. القدرة المرسلة (Transmitted Power(P_t)
- 2. الغريد أو الطول الموجى للموجة Frequency or Wave Length
 - 3. كسب هو اثبات المرسلة والمستقبلة Gain of Antennas

- الخفوت في المسار Attenuation : بحدث الموجة خلال انتشارها الخفاض في مستوى الإشارة نتيجة سبب أو أكثر من الأسباب الثالية:
- أ. خفوت التداخل: بسلوك الموجة المرسلة عدة مسارات سينتج عدد من الموجات ذات الأطوار Phases المختلفة. ويتداخل هذه الموجات يحدث إضعاف المستوى الموجة المستلمة عند هوائي المستقبلة. فعند التعكاس الموجة عن سطح أماس بحدث فرق طور 180° وعد المستقبلة تجمع الموجئين المباشرة والمنعكسة فتلغي لجداهما الأخرى. وقد تحدث عدة لتعكامات الموجة المرسلة المتتبح إشارة بخميارة منغيرة ويعد النظام في هذه الحالة إنه يعاني من خفوت متعدد المسارات والذي من أهم خصائصه الخفوت العميق المترات زمنية تحصيرة والتي يحدث غذا أم غصائصه الخفوت العميق المترات زمنية تحصيرة والتي يحدث خلالها فمثل في الاستقبال. ويمكن التحكم بهذا المخفوت من خلال معايرة ارتفاع الهواتيات.

ويسمى هذا النوع أيضا (خفوت اختياري).

- ب. الانكسار الجوي Atmospheric Refraction. ويسمى أيضا (خفوت القدرة Power Fading) ويحدث هذا اللوع من الخفوت Fading في ظروف جوية غير اعتبادية وتكون شدة الخفوت أقل وأن منحنى الإشارة المستقبلة Received signals يتعرض لنغيرات عشوائية Random بطينة.
 - ج. الامتصاص الجوي Atmospheric Absorption، والذي يحدث نتيجة المطار والثاج ويكون تأثيره كبير جدا في الترددات الميكروية العالية، والشكل التالي يوضح العلاقة بين الخفوت (dB/Km) وبين التردد (GHz):



نلاحظ أن الخفوت (الخسارة لكل IKm في المسار) في الإشارة عند التردد GHz 7 (الذي يستمل الإرسال التأفزيوني والهواتف في الأردن كما نكر سابقا) تكون قليلة نسبيا، ويزداد النفوت (النوهين) Attenuation بازدياد التردد حتى يصبح حاد عند نردد GHz . أن التردد الأخير هو المستخدم للأنظمة الرفعية في الأردن وبالتالي فإن التوهين الناتج عن الأمطار يجب ان يوخذ بعين الاعتبار.

ان هذه الخسارة الإضافية في القدرة تحدث خلال جزء من الثانية ولكن ما يهم هو قيمة هذه الخسارة، ولن الأعطال غير المعدودة تجمع كل فترة زمنية قصيرة واذلك بعرف الخفوت كنسبة من الوقت للسنة.

وفي ما يلي شرح لكل نوع من هذه الهوائيات وتركيبه وخصائصه.

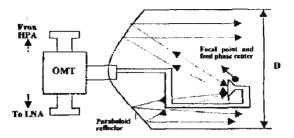
1-8-2 هو قبي القطع للمكافئ العاكس Parabolic Reflector

هو هوائي ذو عاكس على شكل قطع مكافئ وله نقطة تغذية مركزية focal point of feeding ومبدأ عمله مشابهة لعمل الضوء الأمامي السيارة. فلو أن الضوء كان مسلط بشكل مباشر إلى الشارع فان الإضاءة كانت مستوزع على كل الفراغ الأمامي السيارة ولا تتم الإثارة المطلوبة أمام السيارة. ولكن ما يحدث أنه يوضع عاكس على شكل قطع مكافئ خلف مصباح الإضاءة وبالتالي تتعكس الأشعة على هذا السطح وتتركز التجتمع في نقطة ولحدة هي بؤرة الجدد.

Parabolic Reflector كذلك يتم عمل هواني القطع المكافئ العاكس العالم عمل هواني القطع المكافئ الاتجاهات عن هذا السطح العاكس التتمركز في الدورة التي توجد عند المخذي الدوري الذي يلتقط الموجة وينظها إلى مكبر المنجيج القليل (Low Noise Amplifier (LNA).

وما يحدث في هوفني المرسلة أمر مماثل حيث يقوم مكبر القدرة العالبة المراسلة أمر مماثل حيث يقوم مكبر القدرة العالبة High Power Amplifier (HPA) البدقي الذي يقوم ببث الأشعة الذي تسقط على المسطح العاكس وبعد الانعكاس تركز الأشعة في حزمة باتجاه المحطة التالية المقابلة. ويتم ضبط توجيه الهوائي في لتجاه معين بواسطة قضييان المعابرة المستويين الرأسي Vertical والأقني Horizontal.

والشكل الذالي يوضح تركيب هذا الهوائي:



وهَمِهُ الكسب Gain الذي يحققه هذا الهوائي نسطى بالعلاقة الثالية: $G = \eta(\pi \, Df/c)^2$

حيث أن:

η : فعالية الهوائي المؤثرة وتسلوي لهوائي القطع المكافئ العاكس 0.54.

D : قطر اليوائي بوحدة meter

f : تردد الموجة المرسلة بالهرنز Hz.

c : سرعة الضوء في الغراغ ونساوي 10⁸ m/s²

ويتعويض هذه القيم في العلاقة أعلاه يصبح شكل العلاقة لكسب هو التي القطع المكافئ العاكس كما يلي:

$$G = \eta(\pi \text{ Df/c})^2$$

= 0.54 (\pi \text{ Df/3*10}^8)^2
= (\pi \text{ Df/450})^2

حيث وحدة للنردد في العلاقة الأخيرة هي MHz ووحدة قطر الهواتي بالمنز. ويمكن التعبير عن هذا الكسب بالديسبيل فنصبح المعادلة اوغاريتمية على النحر النالي:

 $G = 10 \text{ Log}[(\pi \text{ Df}/450)^2]$ $= 20 \text{ Log}(\pi \text{ Df}/450)]$ $= 20 \text{ Log}(D) + 20 \text{ Log}(f) - 43.1 \quad dB$

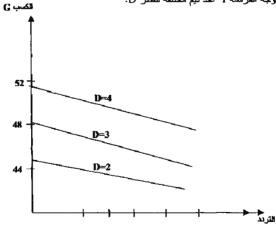
حيث وحدة النزند في العلاقة الأخيرة هي MHz ووحدة قطر الهوائي بالمتر.

نلاحظ أن العلاقة طردية أوغاريتمية بين:

أ. كسب الهوائي G والتردد المستخدم f.

كسب الهوائي G رقطر الهوائي المستخدم D

والشكل النالي يوضع العلاقة بين كمنب هوائي القطع المكافئ G وتردد الموجة المرملة f عند قيم مختلفة القطر D:



فعد رفع التردد إلى الضعف 2f يزداد الكسب بمقدار = (20 Log(2) ، أي أو كان مقدار الكسب الهوائي عند نردد 200MHz يساري 6dB ، فعند نردد مساري اضعف هذا التردد (400MHz) يكون كسب الهوائي أكبر بيساوي اضعف هذا التردد (400MHz) يكون كسب الهوائي أكبر بيساوي 6 dB أي يساوي 6 dB - 6+3.

ان هذا التوع من الهوائيات يعطى قطائية كسب بقيم مقبولة Reasonable Gain Efficiency تتراوح بين %50 و%60. ولكن السيئة Disadvantage في استخدامه هي عند حدوث أعلى زاوية دوران اللهوائي High Elevation Angle. ففي هذه الحالة فان إشعاع المغذي High Elevation Angle سوف تسلط على حافة العاكس (ضياع الطاقة)، مما يؤدي في نهاية الأمر إلى ارتفاع درجة حرارة الهوائي وبالتالي زيادة التشويش الحراري Thermal Noise.

يمد هواتي القطع المكافئ العاكس من أكثر الهواتيات شيوعا، وعادة ما نجد واقي من الترددات الراديوية (Radio Frequency (RF) حول الهوائي والذي يعمل على تحمين أداءه ، كما تغطى قبة الهوائي لمنع تحال الثلج في متحمة معطح العاكس Reflector.

مثال1: احسب كسب هوائي قطع مكافئ علكس إذا علمت ان التردد المستخدم يساوي 20GHz ونصف قطر الهوائي 2.5m.

الحل:

أو لا نلاحظ أن المعلومة المعطاة عن حجم الهوائي معتلة بنصف القطر وليس بالقطر كاملا منا أن التردد معطى بوحدة GHz وليس MHz، لذلك يجب مراعاة ذلك عند تطبيق معادلة الكسب:

$$G = 20 \operatorname{Log}(D) + 20 \operatorname{Log}(f) - 43.1 \quad dB$$
$$= 20 \operatorname{Log}(2^2 \cdot 2.5) + 20 \operatorname{Log}(20^* \cdot 10^3) - 43.1$$

مثال2: ما نصف قطر هواتي قطع مكافئ عاكس الإا عامت أن التردد المستخدم يساوي 20GHz و الكسب المطلوب تحقيقه يساوي 70dB ؟

الحل:

بالتطبيق المهاشر لقانون الكسب نحصل على:

G = 20 Log(D) + 20 Log(f) - 43.1 dB
70 = 20 Log(D) + 20 Log(
$$20*10^3$$
) - 43.1
= 20 Log(D) + 86 - 43.1
20 Log(D) = 70-86+43.1 = 27.1
Log(D) = 27.1/20 = 1.355
D = Log⁻¹(1.355)
= 22.65 m

القيمة الذائجة تمثل قطر الهوائي وبالتالي فان نصف قطر ٢ هذا الهوائي بساه ي:

> R = D/2 = 22.65/2 = 11.325m • K-Band يسل من 5m كيسل مواتي فطره 5m يسل مع

> > الحل:

من الجدول السابق نجد ان تربدات K-Band تتراوح بين -18 عرب وبالتالي يمكن حساب كسب الهواتي عند حدي التردد لإيجاد مدى الكسب:

الحالة الأولى: عند النزيد 18GHz

$$G = 20 \operatorname{Log}(D) + 20 \operatorname{Log}(f) - 43.1$$

= 20 \text{Log}(5) + 20 \text{Log}(18*10^3) - 43.1
= 14 + 85 -43.1

= 142.1 dB

الحالة الثانية: عند التردد 27GHz

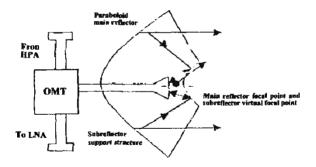
$$G = 20 \text{ Log(D)} + 20 \text{ Log(f)} - 43.1$$

= 20 \text{ Log(5)} + 20 \text{ Log(27*10}^3) - 43.1
= 14 + 88.6 -43.1
= 59.5 \text{ dB}

وبالتالي فان كسب هذا الهوائي سيتراوح بين 142.1)dB (59.5 - 59.5).

2-8-2 هواتي كاسيجرين Cassegrain

ممي هذا اليواني نعبة إلى مخترعه العلم Cassegrain ان هذا الهوائي عبارة عن نظام هوائي عاكس مزدوج بنكون من عاكس رئيسي والذي في يؤرته يوجد عاكس ثانوي كما هو موضع في الشكل التالي:



في الطرف الخاص بالمرسل فان نشع قدرة الإشارة من مكبر القدرة العالبة HPA بواسطة المعذي Feeder عند النقطة البؤرية الحقيقية وتسقط حزمة الأشعة على العاكس الثانوي المولجه للمغذي فتتعكس عنه لتسقط على ا العاكس الأساسي لتشكل الأشعة المذعكسة عن الأخير حزمة الأمواج المرسلة من الهواني.

وفي طرف الاستقبال بنم فتعكاس الأشعة الساقيلة على سطح العاكس أ الرئيسي بانجاء البورة المركزية حيث تتعكس مرة أخرى على سطح العلكس الثانوي نحو المغذي انتنقل إلى المرحلة التالية في المستقبل الممثلة بمكبر أ الإشارة ذات الضجيج المنخفض LNA.

ان هوائي كاسبجرين أكثر نكلفة من هوائي القطع المكافئ العاكس بسبب العاكس الرئيسية التلاث الهوائي: الماكس الرئيسية التلاث الهوائي: الماكس الرئيسية والعاكس الثانوي والمخذي.

من مميزات هوائي كاسيجرين Advantages:

- الهوائي درجة حرارة منخفضة نتيجة الضجيج Low Noise
 أي أن الضارة النائجة عن الحرارة ذات قيمة قليلة.
- 2. نقة في التوجيه ومرونة في تصميم المغذي Pointing accuracy and . Flexibility in Feed Design
- تحقيق توازن ميكانيكي أعلى عند وضع المغذي بجانب العاكس الأساسي أفضل من هوائي القطع المكافئ العاكس.

وبقريبا كل المحطات الأرضية Earth Stations تستخدم هذا النوع من الهوانيات، ويزداد استخدامه في قوات الربط للحزم العريضة.

2-8-2 الهوائي العاكس البوقي Horn Reflector

ينكون الهوائي العاكس البوائي Horn Reflector من مغذي قمعي ويقبة الإشعاع Parabolic Reflector ويقبة الإشعاع Radiation Dome. وسمي بالبوقي لكونه يأخذ شكل البوق بسبب المخذي القمعي.

ويستحل الهوائي البوقي Horn Reflector في المسارات الميكروية لقنوات الربط التي تتعامل مع حزم ترددات مختلفة.

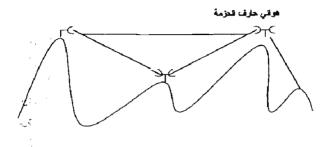
4-8-2 هو قيات حارف الحزمة Beam Reflector Antennas

تتكون هذه الهوائيات من مجموعة من المرايا المسطحة التي تعمل على تحريف مسار حزمة الأمواج المنشرة من المرسلة إلى المستقبلة والموجودتين على قمتين مختلفتين (كطرقي جبلين أو تاتين) وذلك لتأمين وصول الموجة المرسلة التي يصعب إيصالها بخط النظر المباشر. ومن هذا جاءت التسمية "حارف الحزمة Beam Reflector".

تعمل هوائيات حارف الحزمة Beam Reflector Antennas على المحارفة الأمواج من المحرمة الأمواج من المحرمل إلى المستقبل من خلال معايرة أكثر من مرآة مسطحة لتقوم بعكس حزمة الأشعة الساقطة بكل مرآة فتوفر بذلك مسار متعرج لمرور الموجات عند النقاط الصحبة (كقسم الجبال). ويطبق عند كل مرآة قانون الاتعكاس (زاوية السقوط تساوي زلوية الاتعكاس). فنعاير المرايا بحيث تحقق زوليا الاتعكاس في النهاية المسار المطلوب.

وبالتالي فان هذا النوع من الهوائيات بختلف عن الأنواع السابقة التي تمثل هوانيات أولية تغذي المرسلة الهوائي بشكل مباشر أو يتم وصله في مدخل المستقل مداشرة.

والشكل التالي يوضح عمل هواتبات حارف الحزمة:



أسللة الوحدة للثانية

- س1) عند خواص انتشار الأمواج الميكروية Microwaves.
- س2) ما نقاط التشابه بين الأمواج الميكروية Microwaves والأمواج الضوئية؟
 - س3) متى يكون مسار الشعاع المتعكس تحت مستوى المسار الأصلي؟
 س4) متى يكون مسار الشعاع المتعكس فوق مستوى المسار الأصلى؟
- س5) إذا أسقط شعاع ضوئي على سطح أملس بزاوية سقوط تساوي 600، فعا قيمة الزاوية التي ينعكس بها هذا الشعاع مرتدا مرة أخرى إلى نفس الوسط (زاوية الانعكاس)؟
- س6) ما تأثير الحواجز الصلبة كالبنايات والجبال والتلال في فنشار الموجات؟ س7) ما الطرق التي ننتشر بها الأمواج الميكروية في الفراغ؟
 - س8) ما المقصود بشدة مجال الموجة الميكروية Intensity؟
- س9 إذا كانت قدرة موجة ميكروية مرسلة P_i=400w ، فما قيمة شدة المجال للموجة عند نقطة تبعد عنها معافة 25 Km
- R₁ ما النصبة بين شدة المجال لموجة عند نقطة تبعد عن المصدر مسافة باR=2.5R
 وشدة المجال عند نقطة أخرى تبعد عن المصدر مسافة بالمحال
- س11) إذا كانت قدرة الموجة المرسلة يساوي 250 watt ، فطى أي بعد يجب ان يكون هوائي المستقبلة لتحقيق شدة مجال تساوي 0.1μw/m²
- س12) ما القدرة التي يجب أن نرمل بها العوجة لكي نحصل على شدة مجال للعوجة يسلوي 2 30Km عند مستقبلة نقع على بعد 50Km من العرسلة؟

- س13) ما العوامل التي تؤثر في قيمة القدرة المستقبا؟
- س14) جد قيمة قدرة الموجة المستقبلة بواسطة هوائي مستقبلة إذا علمت أن قدرة الموجة المرسلة يساوي watt و100 والتردد المستخدم في الإرسال يساوي SOMHz كما أن نقطة الاستقبال نبعد 150km عن المرسلة. ثم أو جد النسبة بين القدرة المستقبلة والقدرة المرسلة.
- س15) : جد قيمة قدرة الموجة المستقيلة بواسطة هواني مستقبلة إذا علمت أن قدرة الموجة المرسلة يساوي400 wat والتردد المستخدم في الإرسال يتراوح بين 20MHz و 40MHz كما أن نقطة الاستقبال تبعد عن المرسلة.
- من 16) أحد الإجابة على السؤال السابق إذا عامت أن لهواتي المرسلة معامل كمنب يساوي 4 وأن لهواتي المستقبلة معامل كمنب يساوي 6.
 - س17) ما المقصود بفقد الفراغ الخارجي F.S.L؟
- س18) أنبت أن معلالة فقد الفراغ الخارجي F.S.L عند استخدام وحدة السيل للمسافة ورحدة MHz للتردد تكون على النحو التالي:
 - F.S.L = 36.6 + 20 Log(f) + 20 Log(D) dB
- س19) جد صيغة معادلة فقد الفراغ الخارجي F.S.L عند استخدام وحدة العبل (mile) المسافة ووحدة MHz المتردد
- س20) جد صيغة معلالة فقد الفراغ الخارجي F.S.L عند استخدام وحدة العبل (mile) للمسافة ووحدة GHz للتردد
- س21) ما فيمة فقد الفراغ الخارجي لموجة تريدها 30MHz ، لإا كانت المسافة بين المرسل والمستقبل تساري 55KHz ؟

- س22) جد المسافة (بالميل) التي يجب أن نضع عندها هواتي المستقبلة إذا أردنا الحصول على فقد فراغ خارجي لا يتعدى 140 dB . إذا كان التردد المستخدم في الإرسال يساوي 30GHz ؟
- س23) ما النغير في قيمة فقد الغراغ الخارجي إذا الخفض التردد الموجة المرسلة إلى الثلث؟
- س24) ما التغير في قيمة فقد الغراغ الخارجي إذا اتخفض التردد الموجة المرسلة إلى الريم؟
- من التغير في قيمة فقد الفراغ الخارجي إذا ارتفع كل من المسافة والنزدد
 للموجة المرسلة إلى الضعفين؟
- م 26) ما التغير في قيمة فقد الغراغ الخارجي لإذا ارتفع المسافة إلى الضحف وانخفض التردد للموجة المرسلة إلى النصف؟
 - م 27) ما تأثير الحناء الأرض في انتشار الأمواج المبكروية ؟
- س28) ما أطول مساقة تفصل بين رجلين طول الأول 160cm وطول الثاني 150cm بديث بستطيع كل منهما روية الآخر بخط نظر مباشر؟
- س29) إذا كان برج هوائي المرسلة Transmitter على ارتفاع 100m والمساقة بين المرسلة والمستقبلة 100Km ، فطى أي ارتفاع يجب أن يوضع هوائي المستقبلة Receiver لكي تصل الأمواج المرسلة بخط مدائر L.O.S.
- س30) ما تأثير وجود المرتفعات الطبيعية أو المباني العالية على حساب المسافة الفاصلة بين هوائيين التحقيق انتشار الأمواج Wave المراشر L.O.S.

- س (3) ما العوامل المؤثرة على ارتفاع الهواليات Antennas عن سطح الأرض Earth Surface? الدرج باختصار عن كل عامل.
- س32) وضح بالرسم شكل انحناء الموجة الموكروية المرسلة في كل من الحالات التالية:
 - .K=2/3 .1
 - .K=1 .2
 - ·K=4/3 -3
- س33) ما تأثير العامل K في كل حالة في السؤال السابق على ارتفاع هوائي المستقلة؟
- س34) ما مستوى ارتفاع برج هوائي المرسل إلى مستوى هوائي المستقبل (أعلى منه أو أقل ارتفاعا أو مساوي له في الارتفاع) في ككل من الحالات التائدة:
 - .K = -1.5 .1
 - .K=1.5 .2
 - .K=1 .3
- مر35) إذا كان نزدد الموجة المرسلة بساوي GHz 3 فما الشرط الذي يجب تحقيقه في ارتفاع برج هواني المستقبل لكي يتم جمع الموجنين المباشرة Direct والمنعكسة Reflected عن مسطح الأرض عند الاستقبال عوضيا عن طرحهما؟
- س36) إذا كان نزدد الموجة المرسلة يماوي 30 GHz، قما الشرط الذي يجب تحقيقه في ارتفاع برج هو أتي المستقبل لكي يتم جمع الموجنين المباشرة

Direct والمنعكسة Reflected عن سطح الأرض عند الاستقبال عوضا عن طرحهما؟

م37) إذا عبرنا عن الموجة ذات المسار العباشر بالعلاقة التالية: $E(t) = 8 \sin(6.84*10^{10}t)$

فأجب عن الأستلة الثالية:

- ا. ما العلاقة التي تمثل الموجة المنعكسة؟ وما محصلة الموجئين عند هواني المستقبل؟
 - 2. ما الطول الموجى لهذه الموجة؟
- على أي ارتفاع بجب ان يكون برج هوائي المستقبل لكي بتم جمع الموجئين المباشرة والمنعكسة عن سطح الأرض عند الاستقبال؟
- 4. إذا نمت معايرة ارتفاع برج الهوائي بحيث تحقق فرق طور ثاني قيمته 160° فقط فما قيمة الموجة المحصلة عند الاستقبال في هذه الحالة؟

ى 38) إذا عبرنا عن الموجة ذات المسار المباشر بالعلاقة التالية: $E(t) = 8\cos(3.14*10^{10}t)$

فأحب عن الأسئلة النالية:

- ا. ما العلاقة التي تعلل الموجة المنعكسة؟ وما محصلة الموجئين عند هوائي المستقبل؟
 - 2. ما الطول الموجى لهذه الموجة؟
- 3. على أي ارتفاع بجب أن يكون برج هوائي المستقبل لكي يتم جمع المرجئين المباشرة والمنعكمة عن سطح الأرض عند الاستقبال؟

- 4. إذا تمت معايرة ارتفاع يرج الهوائي بحيث تحقق فرق طور ثاني
 فيمته 140° فقط، فما فيمة الموجة المحصلة عند الاستقبال في هذه
 الحالة؟
 - س 39) إذا عبرنا عن الموجة ذات المسار المباشر بالملاقة التالية: $E(t) = 10\cos(3.14^*10^{10}t) + 12\sin(6.28^*10^{10}t)$ فأحب عن الأسئلة التالية:
- ما العلاقة التي تمثل الموجة المنعكسة؟ وما محصلة الموجئين عند هوائي المستقبل؟
 - 2. ما الطول الموجى لهذه الموجة؟
- على أي ارتفاع بجب ان يكون برج هوائي المستقبل لكي يتم جمع الموجئين المباشرة والمنعكسة عن مطح الأرض عند الاستقبال؟
- 4. إذا ثمت معابرة ارتفاع برج الهوائي بحيث تحقق فرق طور ثاني قيمته 140° فقط، فما قيمة الموجة المحصطة عند الاستغيال في هذه الحالة؟
 - س40) إذا عبرنا عن الموجة ذات المسار العباشر بالعلاقة التالية: E(t) = 10 sin²(6.28*10¹⁰t)

فأحب عن الأسئلة الثالية:

- ما العلاقة التي تمثل الموجة المنعكسة؟ وما محصلة الموجنين عند هوائي المستقبل؟
 - 2. ما الطول الموجى لهذه الموجة؟
- على أي ارتفاع يجب أن يكون برج هوائي المستقبل لكي يتم جمع الموجئين المياشرة والمنعكمة عن مطح الأرض عند الاستقبال؟

- إذا نمت معايرة ارتفاع برج الهوائي بحيث تحقق فرق طور ثاني قيمته 140° فقط، فما قيمة الموجة المحصلة عند الاستقبال في هذه الحالة؟
 - مر42) إذا عبرنا عن الموجة ذات المسار العباشر بالعلاقة التالية: $E(t) = 16\cos^2(314*10^{10}t)$

فأحب عن الأسئلة التالية:

- إ. ما العلاقة التي تمثل الموجة المنعكسة؟ وما محصلة الموجئين عند هوائي المستقبل؟
 - 2. ما الطول الموجى لهذه الموجة؟
- على أي ارتفاع بجب ان يكون برج هوائي المستقبل لكي يتم جمع الموجنين المباشرة والمنعكسة عن سطح الأرض عند الاستقبال؟
- 4. إذا تمت معاورة ارتفاع برج الهوائي بحيث تحقق فرق طور ثاني قيمته 140° فقط، فما قيمة الموجة المحصلة عند الاستقبال في هذه الحالة؟
- س42) ما المقسود بموجه الموجة Wave Guide ؟ ما أنواعه؟ ومما يتكون؟
- س43) ما الخصائر Losses التي تحدث الموجة في موجه الموجة وما مبيها؟ س44) كيف يتم التقليل من الخصائر التي تحدث الموجة في الموجه؟
- س45) ما الصفات الواجب توفرها في هواتي المحطات الأرضية Antennas الأرضية 6 of Earth Stations
- مر46) قارن بين نوددف القنوات الفضائية المرسلة على C-Band وبين مدى النوددات لهذه الحزمة العوجودة في جدول الطيف الترددي الأنظمة

- الأقمار الصناعية Satellite Spectrum . (جزء من الحل فوصيفة عملية).
- م 47) ما لجزاء هوائي القطع المكافئ العاكس Parabolic Reflector ، وما مبدأ عمله في جهة الاستقبال وجهة الإرسال؟
- س48) لحسب كسب هواتي قطع مكافئ عاكس إذا علمت أن الثردد المستخدم بماوي 12GHz ونصف قطر الهواتي 2.5m.
- س49) لعمب كمنب هواتي قطع مكافئ عاكس إذا علمت ان الترند المستخدم يماوي 12GHz ونصف قطر الهوائي 5m.
- مر50) ما نصف قطر هوائي قطع مكافئ علكس إذا علمت فن التردد المستخدم يساوي GHz 6 والكسب المطلوب تحقيقه يساوي 10dB ؟
- من 51) ما نصف قطر هوائي قطع مكافئ عاكس إذا علمت أن التردد المستخدم يساوي 10dB ؟
 - س52) ما هو كتب هوائي قطره m و 20 ينتل مع K-Band ؟
 - س53) ما هو كتب هوائي قطره m 20 ينبل مع C-Band *
 - س54) ما هو كسب هوائي قطره m 20 يسل مع KU-Band؛
- س65) ما هو قطر الهوائي الذي يجب استخدامه لنحقق كسب بساوي 30dB عند العمل مع K-Band ؟
- س56) ما هو قطر الهوائي الذي يجب استخدامه لنحقق كسب بساوي 60dB عند العمل مم K-Band؟
- س57) ما هو قطر الهوائي الذي يجب استخدامه لنحقق كسب يساوي 30dB عند العمل مع C-Band ؟

س58) ما لجزاء هولئي كاسيجرين Cassegrain، وما مبدأ عمله في جهة الاستقبال وجهة الإرسال؟

س 59) ما مميزات هوائي كاسيجرين Cassegrain

س60) ما لجزاء الهوائي العاكس البوقي Hom Reflector؟

س 61) ما الغرق الرئيسي بين هوائيات حارف الحزمة Beam Reflector س 61) ما الغرق الرئيسي بين هوائيات الأخرى؟

س62) هل نجد هوانيات حارف الحزمة Beam Reflector Antennas في الأراضي السهلة (المستوية)؟ لماذا؟

الوحدة الثالثة



الوحدة الثالثة

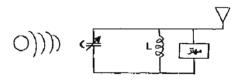
تقنيات أنظمة الميكرويف ذات التعديل الترددي FM

1-3 التعيل إثر بدى Frequency Modulation

التعديل الترددي (FM): هو التغير في تردد المرجة الحاملة (FM):

Signal) ذات التردد العالى نبعا القيمة اللحظية الاتساع الموجة المحمولة (Information Signal) مع بقاء التماع الموجة الحاملة ثابت.

وللحصول على موجة معدلة تعديل ترددي (FM)، فإننا بحاجة إلى نظام يقوم بتحويل التغير في اتساع الإشارة الداخلة إلى تغير في تردد الإشارة الخارجة (معدلة). ولهذا الفرض نستطيع استعمال الدائرة الموضحة في الشكل التالى:

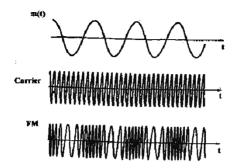


حيث يتم التحكم بتردد العموجة العوادة من العهنز بواسطة دائرة التحكم العمر العمر المرافقة. دائرة التحكم المرافقة . المرافقة . ومكنف متغير السعة. وسعة هذا العلف تتغير بتغير انساع الإشارة الصوتية العنوادة من العيكرفون (شدة الصوت الذي يستغيله العيكرفون). والدينا هذا ثلاث حالات:

- في حالة عدم وجود صوت واصل الميكرفون: فإن الوحتي المكلف تبقى ثابتة ولا تتنبنب ترددات المهتز وبالتالي يكون تردد الموجة المتوادة مسارى لتردد الموجة الحاملة £.
- 2. في حالة كانت شدة الصوت الواصل الميكرفون أعلى من قيمة مرجعية معينة: فإن لوحتي المكلف نهتر تبعا اشدة الصوت مسيبة نغير في قيمة المكلف وبالتالي زيادة في تردد الموجة الموادة من المهتر اقيمة أعلى من تردد الموجة الحاملة، وتزداد هذه القيمة بازدياد شدة الصوت، ويساوي التردد الداتج: Δf . حيث Δf كمثل الإزاحة في تردد الموجة المعدلة الناتجة.
- 5. في حالة كانت شدة الصوت الواصل الميكرفون أقل من قيمة مرجعية معينة: فإن الوحتى المكثف تهتز نبعا اشدة الصوت مسببة تغير معاكس المحالة السابقة في قيمة المكثف وبالثالي نقصان في تردد الموجة الموتدة من المهتز تقيمة أقل من تردد الموجة الحاملة، وتقل هذه القيمة بنقصان شدة الصوت، ويساوي التردد التاتيج: $\Delta \Gamma_{-3}$. حيث $\Delta \Gamma_{-3}$ تمثل الإزاحة في تردد الموجة المعدنة الناتجة.

لذلك فان معنل النغير في السعة بساوي الموجة الصوتية الداخلة، ومقدار النغير في السعة يتناسب طرديا مع اتساع هذه الموجة.

وفي ما يلي توضيح بالرسم عن كيفية الحصول على الموجة المعتلة تحيل ترددي FM من الموجة المحمولة (V_m(t):



فعندما $V=V_m$ فان نرند الموجة المحلة يساوي نرند الموجة الحالمة f_c . وعندما $V>V_m$ فان نرند الموجة المحلة أعلى من نرند الموجة الحالمة، وعندما $V<V_m$ فان نرند الموجة الحالمة ألل من نرند الموجة الحالمة .

والإيجاد علاقة رياضية للموجة المعلة تعيل ترددي FM نبدأ برسمة الموجة المعلة في الأعلى، فهي إشارة جيبية ذات اتماع ثابت معلوي لاتماع الموجة الحاملة عV ولكنا نجهل الصيغة النهائية لزارية هذه الإشارة ولتكن ©:

$$V(t) = V_c Sin(\emptyset)$$

المعلومة المتوفرة عن الزلوية ليست مباشرة وتكننا نعلم أن السرعة الزاوية (كاننا نعلم أن السرعة الزاوية (Angle Velocity o الزاوية نسبة للزمن، أي الناء:

 $\omega = \partial \mathcal{O}/\partial t$

Ø=∫w∂t

 $\omega=2\pi f$ ونعلم أن السرعة الزاوية تساوي:

والنودد يتغير زيادة ونقصان حول نودد الموجة الحامل ولحد معين يتاسب مع اتساع الموجة المحمولة ويمكن التعبير عن شكل النودد اللحظي بالعلاقة التالية:

$$f(t) = f_c + K_f Vm Cos(\omega_m)t$$

$$\omega(t) = \omega_c + 2\pi K_f Vm Cos(\omega_m)t$$

حنث:

K_f :ثابت التعديل الترددي ورحدته (Hz/Volt).

Vm Cos(ω_m)t: الإشارة للمحمولة.

وباشتقاق العلاقة الأخيرة نحصل على الزاوية:

 $\emptyset = \int \omega(t) \partial t$

= $\int \omega_c + 2\pi K_f Vm Cos(\omega_m t) \partial t$

= $\omega_c t + 2\pi K_f V m Sin(\omega_m t) / \omega_m$

 $= \omega_c t + K_f Vm Sin(\omega_m t) / f_m$

 $\Delta f = K_f V m$ ويما أن إزاحة الثريد نساوي: $\mathcal{O} = \omega_c t + \Delta f / f_m \operatorname{Sin}(\omega_m t)$

وبتعريض العلاقة الأخيرة في معاملة الموجة المعملة تحديل ترددي نحصل على العلاقة التالية:

 $V(t) = V_c \sin(\omega_c t + \Delta f/f_m \sin(\omega_m t))$

حبث معامل التحديل الترددي mg يعطى بالعلاقة التالية:

 $m_f = \Delta f / f_m$

أي أن معامل التعديل الترددي $m_{\rm f}$ هونسبة انحراف التردد Δf إلى تردد الموجة المحمولة $\frac{1}{m_{\rm f}}$.

ويمكن إعادة كتابة علاقة الموجة المعتلة تعديل ترددي على النحر ... التالي:

$$V(t) = V_c \sin(\omega_c t + m_f \sin(\omega_m t))$$

مثال: إذا كان تردد الموجة المحمولة بساوي 15KHz والحراف التردد الموجة المعدلة تعديل ترددي FM بساوي 12KHz ، لحسب معامل التحديل.

الحل:

 $m_f = \Delta f/f_m = 12/15 = 0.75$

مثان2: لحسب معامل التعديل المثال السابق إذا كان انحراف التردد Δf بساوي $20 {
m KHz}$

الحل:

 $m_f = \Delta f/f_m = 20/15 = 1.25$

مثال: موجة معلة تعديل ترددي FM ذات العلاقة القياسية التالية: $V(t) = 12 \sin(10^8 t + 2 \sin(314t))$

ما قيمة انحراف التردد لهذه الموجة؟

الحل:

يجب أو لا حماب قيمة نزند الموجة المحمولة f_m:

 $f_m = 314/2 * 3.14 = 50 Hz$

من المعاطلة الأصلية يمكن معرفة قيمة معامل التحديل وبالتالي يمكن حساب انحراف التردد:

$$\Delta f = m_f * f_m = 2*50 = 100 \text{ Hz}$$

ان الإزامة الترددية المحسوبة في الأمثلة السابقة هي الإزامة القصوى التردد، ويمكن قياس الإزامة الترددية بوحدة أخرى وهي القيمة الفعالة (أو جذر متوسط المربع root mean square value)، حيث أن العلاقة بين القيمتين نعطى بالمعادلة التالية:

 $\Delta f_{\rm rms} = \Delta f * 0.707$

وهي علاقة صحيحة للعلاقات الجبيبة.

مثال4: مرجة معدلة تعديل ترددي FM ذات العلاقة القياسية التالية:

 $V(t) = 4 \sin(10^{12} t + 3 \sin(314*10^3 t))$

ما قيمة انحراف التردد Afms لهذه الموجة؟

الحل:

يجب أو لا حماف قيمة تردد الموجة المحمولة fm:

 $f_m = 314/2*3.14*10^3 = 50 \text{ KHz}$

من المعادلة الأصلية يمكن معرفة قيمة معامل التعديل وبالتألي يمكن حساب انجر اف التردد:

 $\Delta f = m_f * f_m = 3* 50 = 150 \text{K Hz}$

بتطبيق العلاقة المباشرة بين الأنحراف الأقصى والقيمة الفعالة له (RMS) بمكن حساب:

 $\Delta f_{rms} = \Delta f *0.707$ = 150 * 0.707 = 106 KHz

و عادة ما يستخدم مصطلح "الإزاحة للعظمى" للتعبير عن أقصى لزاحة للتردد، كما يمكن ان تعطى علاقة أخرى لحصاب هذه الإزاحة للعظمى وهي:

$$\Delta f = f_{max} - f_c$$

$$= f_c - f_{min}$$

$$= (f_{max} - f_{min})/2$$

حيث:

f: يمثل التردد الحامل الموجة المرسلة. f_{max}: يمثل أقصى تردد المرجة المعدلة. f_{min}: بعثل أدنى تردد الموجة المعدلة.

Bessel Functions الكتراتات بيسيل

معادلة الإشارة المعدلة هي علاقة جيب قيمة جيبية، وهي علاقة معدّة يصحب التعامل معها وتعليلها ويصحب دراسة الطيف الترددي لها. ووجد العالم بيسيل حل لهذه العلاقة وهذا الحل هو علاقات بيسيل أو اقترانات بيسيل m_f .Bessel Functions وهي علاقات متغيرة مع معامل التعديل الترددي m_f وهي ذات درجات ، أي يوجد علاقة بيسيل من الدرجة الأولى يرمز لها $J_1(m_f)$ وعلاقة بيسيل من الدرجة الثانية ويرمز لها $J_2(m_f)$ وعلاقة بيسيل من الدرجة الثانية ويرمز لها $J_2(m_f)$

فنعبر عن علاقة الموجة المعدلة تعديل ترددي FM بعلاقات بيسيل على النحو التالى:

$$\begin{split} V(t) &= V_c \; \{ \; J_0(m_f) \; Sin(\omega_c t) + \; J_1(m_f) \; [Sin(\omega_c + \omega_m)t + Sin(\omega_c - \omega_m)t] \\ &+ J_2(m_f) \; [Sin(\omega_c + 2\omega_m)t + Sin(\omega_c - 2\omega_m)t] \\ &+ J_3(m_f) \; [Sin(\omega_c + 3\omega_m)t + Sin(\omega_c - 3\omega_m)t] \\ &+ \dots + \dots + \dots \} \end{split}$$

لو

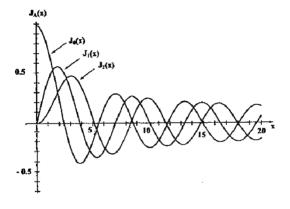
$$\begin{aligned} V(t) &= V_c \left\{ J_0(m_f) \sin(2\pi f_c t) + J_1(m_f) \left[\sin(2\pi (f_c + f_m)t) + \sin(2\pi (f_c - f_m)t) \right] \right. \\ &+ J_2(m_f) \left[\sin(2\pi (f_c + 2f_m)t) + \sin(2\pi (f_c - 2f_m)t) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{split} + \, J_3(m_f) \, [\, Sin(2\pi \, (f_c + 3f_m)t) + \, Sin(2\pi \, (f_c - 3f_m)t)] \\ + \dots + \dots + \dots \} \end{split}$$

أر يمكن إعادة كتابة علاقة الموجة المعتلة تعديل ترددي على الندو التالى:

$$V(t) = V_c \sum_{i} J_n(m_i) \sin(2\pi (f_c \pm nf_m)t)$$

و لأخذ فكرة عن الشكل العام للطيف الترددي لهذه الموجة المعدلة تعديل ترددي FM، فلا بد في البداية من توضيح بعض خصائص علاقات بيسيل المرتبطة بدر استدا. وعلاقات بيسيل تأخذ الشكل التالي:



والجدول التالي يبين قيمة اقترادات بيسيل لقيم مختلفة من معامل التعديل الترددي m_f :

| n/m _f | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | 8 | 10 |
|------------------|----------|----------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|
| 0 | 0.997 | 0.990 | 0.938 | 0.765 | 0.224 | -0.178 | 0.172 | -0.246 |
| 1 | 0.050 | 0.100 | 0.242 | 0.440 | 0.577 | -0.328 | 0.235 | 0.043 |
| . 2 | 0.001 | 0.005 | 0.031 | 0.115 | 0.353 | 0.047 | -0.113 | 0.255 |
| 3 | | i ' | 0.003 | 0.020 | 0.129 | 0.365 | -0.291 | 0.058 |
| 4 | | l | | 0.002 | 0.034 | 0.391 | -0.105 | -0.220 |
| ÷ 5 | l | i i | | | 0.007 | 0.261 | 0.286 | -0.234 |
| 6 | ! |] | į | l | 0.001 | 0.131 | 0.338 | -0.014 |
| 7 | | 1 | 1 | | 1 | 0.053 | 0.321 | 0.217 |
| 8 | | | | | } | 0.018 | 0.224 | 0.318 |
| 9 | | 1 | - | | ļ | 0.006 | 0.126 | 0.292 |
| 10 | |] | |] | 1 | 0.001 | 0.061 | 0.208 |
| 11 | İ | i | | İ | ! | İ | 0.026 | 0.123 |
| 12 | 1 | \ | ļ. | ţ | ļ | | 0.010 | 0.063 |
| 13 | | | l | | 1 | | 0.003 | 0.029 |
| 14 | | |] | | | 1 | 0.001 | 0.012 |
| 15 | | | i | | | | 1 | 0.005 |
| 16 | 1 | | L | | <u> </u> | | | 0.002 |

نلاحظ من الشكل السابق أن:

- أ. في علاقة ببسيل ذات الدرجة المعينة نقل قيمة الافتران بازدياد معامل التحديل الترددي m، أي أن العلاقة عكسية بين افتران بيسيل ومعامل التحديل الترددي بتثبيت درجة الافتران.
- بتثبیت معامل التعدیل m ومقارنة الإفترانات ذات الدرجات المختلفة نلاحظ أن قیمة الافتران دو الدرجة الأعلى تكون أقل من قیمة الإفتران دو الدرجة الإقل، أي:

 $J_{m+1}(m_f) \le J_m(m_f)$

- 3. عندما يساوي $m_f = 0$ فان القيمة الوحيدة الافتران بيسيل هي $m_f = 0$ وهي أعلى قيمة الافتران بيسيل، أما باقي افترانات بيسيل عند نفس قيمة معامل التعديل نساوى 0 = 0 $(0)_{max}$
 - عند قيمة معامل تحديل m_f ثابتة فان:

 $J_0^2 + 2 J_1^2 + 2 J_2^2 + 2 J_3^2 + ... + ... = 1$

 لن اقترانات بيميل تأخذ قيم موجبة أو ساتية. ومعنى القيم السالبة حدوث فرق في الطور بمقدار 180 درجة.

وبالنسبة لعلاقة الموجة المعلة فان:

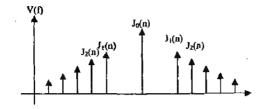
Jo: تمثل فيمة الاتساع الفياسي للموجة المعطة.

إل: تمثل قيمة الاتساع النسبي لزوج للحزمتين الأول.

J₂: نَمَثَلُ قَيْمَةُ الاتساعِ النَّسْبِي لزوجِ للحزَّمَتِينِ الثَّانِي.

رل: نمثل قيمة الانساع النسبي لزوج للحزمتين الثالث و هكذا.

وبالنالي نتوقع شكل الطيف الترددي للموجة المعدلة تعديل ترددي FM على النحو التالي:



ويما أن الاتماع النمبي للحزم الجانبية يقل بازدياد الدرجة فيمكننا بالتقريب إهمال الحزم الجانبية ذات الدرجة الكبيرة والاتماع النمبي القابل.

عرض النطاق (BW) عرض النطاق

عرض نطاق الموجة المحلة بحمد على عدد الحزم الجانبية الفعالة ذات الاتساعات النسبية الكبيرة. وعدد هذه الحزم الجانبية يتغير بتغير معامل التعديل الترددي m₁ عرض النطاق بساري:

BW = numbers of side bands * f_m = 2 * $n^* f_m$

حيث n أعلى درجة لاقترانات بيسيل.

(fe- Δf ، Δf +fe) هو بين FM فمعلة المعلق الموجة المعللة

نلاحظ أن عرض النطاق للموجة المعتلة تعديل ترددي FM لا يعتمد على تردد الموجة المحمولة وعلى على تردد الموجة المحمولة وعلى معامل التعديل بشكل غير مباشر فيزيادة معامل التعديل يزداد عدد الحزم الجانبية وبالتالى بزداد عرض النطاق.

مثال $f_m = 20 KHz$ ، وانحراف لنزيد لموجة المحمولة $f_m = 20 KHz$ ، وانحراف النزيد للموجة المحلة 40 KHz ، فما عرض النطاق (BW) المحلوب γ (سال الموجة المحلة γ FM

الحاءة

 $m_f = \Delta f / f_m = 40/20 = 2$

ومن الجدول نجد أن عدد الحزم الجانبية لمعامل التردد هذا هو 4 : number of side bands = 2*4 = 8 $BW = number of side bands * <math>f_m = 8*20 = 160 \text{KHz}$ at Update = 0.00 Automation $at Update = 0.00 \text{ Aut$

الحل:

$$\begin{split} m_{fl} &= \Delta f / f_{ml} = 75000 / t\, 00 = 750 \\ m_{f2} &= \Delta f / f_{m2t} = 75 / 20 = 3.75 \\ (3.75 - 750) : , & \text{ With this one of the model} \end{split}$$

أن أقصى قدر أف تردد لمحطة FM م 75KHz .

وفي ما بلي دراسة لأربعة حالات للتعديل الترددي FM ترضح تأثير نصبة للتعديل على الحزم الجانبية الموجة المعلقة تعديل ترددي FM (أربعة غيم مختلفة امعامل التحديل وهي: 4 , 1, 2.4) وعدد الحزم الجانبية وعرض النطاق والطيف المترددي لكل حالة، وعلى سببل المثال يغرض أن تردد الموجة المحمولة MHz اوثردد الموجة الحاملة يساوي MHz أكان انساع الموجة المحمولة 10 mV بسبب إزاحة التردد الموجة الحاملة (400KHz المتعاوي: Amplitude المتعاوي:

Deviation/amplitude= $\Delta f/A=400$ KHz/ 10mV = 40 KHz/mV : وعندما يكون اشماع الموجة المحمولة = 0 فإن الإزامة تساوي $\Delta f=\Delta f/A*A$

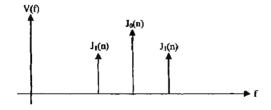
= 40 KHz/mV * 0 = 0

وبالنالي فان تردد الموجة المحدلة بساوي تردد الموجة الحاملة فقط (والذي يساوي MHz). ولا يتكون الطيف الترددي إلا من النبضة الراجعة المردد الحامل دون أي اثر لحزم جاذبية.

الحالة الأولى:

إذا كان اتساع الموجة المحمولة بساوي 5 mV فان الإزاحة تساوى:

وهي قيمة قليلة، ومن العلاقة بين معامل التعديل وعدد الحزم الجانبية التي تحكمها اقترانات بيسيل فان عدد الحزم الجانبية يساوي 1، والطيف الترددي يكون على النحو التالي:



وان عرض النطاق الموجة المعدلة يساوي:

BW = numbers of side bands * f_m = 2 * n* f_m = 2 * 1 * 1 MHz

= 2 MHz

الحلة الثانية:

إذا كان اتماع الموجة المحمولة بساوي 25 mV فإن الإزاحة تساوى:

 $\Delta f = \Delta f/A * A$

= 40 KHz/mV * 25 mV= 1000 KHz

وبالتلي فان معامل التعديل الترددي يصلوي:

 $m_f = \Delta f / f_m$

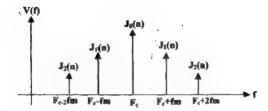
= 1000 KHz / 1000 KHz

= 1

ومن الملاقة بين معامل التعديل وعدد الحزم الجانبية التي تحكمها اقترانات بيمول فان عدد الحزم الجانبية يساوي 2، وأن عرض النطاق للموجة المعدلة يساوي:

BW = numbers of side bands * f_m = 2 * n* f_m = 2 *2 * 1 MHz = 4 MHz

والطيف الترددي يكون على النحو التالي:



الحالة الثالثة:

إذا كان لتماع الموجة المحمولة يساوي 60 mV فان الإزاحة تساوى:

 $\Delta f = \Delta f/A * A$ = 40 KHz/mV * 60mV
= 2400 KHz
: وبالتالي فان معامل التعديل الترددي رساوي $m_f = \Delta f / f_m$ = 2400 KHz/ 1000 KHz

= 24

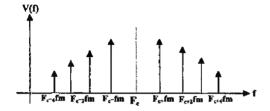
ومن العلاقة بين معامل التحديل وعدد الحزم الجانبية التي تحكمها القترانات بيسيل فان عدد الحزم الجانبية المؤثرة يساوي 4، والملاحظ ان قيمة الاتران بيسيل (ال الذي تمثل قيمة الاتساع القياسي الموجة المحدلة) يساوي 0 عندما يكون معامل التحديل 2.4 ، وبالتالي يختفي الوميض عند التردد الحامل عنه المترددي الموجة المحدلة بالرغم من وجود الحزم الجانبية.

First Carrier وهذه حالة مهمة وتسمى أول قيمة صغرية للحامل FM. هيمتخدم هذا المبدأ بشكل كبير في قياسات التعديل الترددي FM.

وان عرض النطاق للموجة المعتلة يساوي:

BW = numbers of side bands * f_m = 2 * n* f_m = 2 *4 * 1MHz = 8 MHz.

والطيف النريدي يكون على النحو التالى:



الحللة الرابعة:

إذا كان اتساع الموجة المحمولة يساوي 100 mV

فان الإزاحة تساوي:

 $\Delta f = \Delta f/A * A$ = 40 KHz/mV * 100mV
= 4000 KHz
: وبالتالي فان معامل التعديل الترددي يساري $m_f = \Delta f / f_m$ = 4000 KHz/ 1000 KHz

= 4

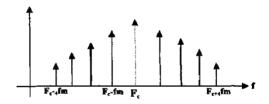
ومن العلاقة بين معامل التحيل وعد الحزم الجلابية التي تحكمها القترانات بيسيل فان عدد الحزم الجانبية يساوي 4، وان عرض النطاق الموجة المحدلة يساوى:

BW = numbers of side bands *
$$f_m$$

= 2 * n* f_m
= 2 *4 * 1MHz
= 8 MHz

والملاحظ ان قيمة اقتران بيسيل (10 الذي نمثل قيمة الاتساع القياسي الموجة المحدلة) أخنت قيمة غير صغرية في هذه الحالة بخلاف الحالة السابقة ، وبالتالي يظهر الوميض عند التزدد الحامل £ في الطيف الترددي الموجة المحدلة بالإضافة إلى وجود الحزم الجانبية.

والطيف الترددي يكون على للنحو التالي:



وفي التعديل الترددي لموجة معقدة (موجة مكونة من عدة نرددات f_{ml}، f_{m2}،....وليس تردد واحد f_m)، ففي هذه الحلة فان أزواج الحزم الجانبية النائجة ستكون مختلفة عن الحالات التي تم مناقشتها سابقا. حيث أن الحزم الجانبية النائجة سوف تحتوي على:

1. الحزم الجانبية الناتجة عن التحيل التريدي لكل تردد على حدة.

...... $f_c \pm n f_{m1}$; $f_c \pm n f_{m2}$; $f_c \pm n f_{m3}$;

 الحزم الجانبية الناتجة عن تجميع التريدات مع بعضها البعض، والتي يمكن التعير عنها بالعلاقة الثالية:

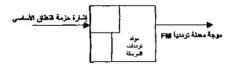
 $f_c \pm n_1 f_{m1c} \pm n_2 f_{m2} \pm n_3 f_{m3} \pm ...$

حيث n تمثل أي عدد صحيح. وبالتألي يمكن اعتبار الحزم الجانبية في الفقرة النقطة الأولى موجودة ضمنيا في هذه العلاقة عندما تأخذ n قيم صغرية.

2-3 المعدلات التريدية Modulators

يوجد طريقتين لعملية التعديل الترددي (مباشرة وغير مباشرة). بالنسبة الطريقة المباشرة فالمبدأ فيها توفير دائرة تحول التغير في تردد الإشارة الداخلة إلى تغير في الفوائية الخارجة. والدائرة التي تعمل هذا العمل هي مهتز يتم التحكم بتردده بواسطة فولئية (Voltage Control Oscillator (VCO) ، ولتحقيق هذا الفرض يستخدم غالبا مهتز Oscillator عالي الثبوتية والذي يسبب مشكلة المرسلات التي تستخدم الطريقة المباشرة وهي انه لا يمكن الحصول على التردد الحامل f واسطته وبالتالي يجب إضافة أجهزة ذات تردد عالي الثبوتية من مهتز كريستالي Crystal Oscillator.

والمخطط الصندوقي التالي بوضح الطريقة المباشرة التعدل الترددي FM:



لما الطريقة غير المباشرة فهي نعمد على المحصول على موجة معدلة تعديل ترددي نو نطاق ضيق (Narrow Band FM (NBFM، وفي مرحلة تالبة يتم إزاحة هذه الموجة المعدلة إلى ترددات أعلى بواسطة ضارب (أو مازج للإشارة) لتحميل الإشارة على التردد المطلوب.

والمخطط الصندوقي التالي يوضح الطريقة غير المباشرة التعديل الترددي FM:



بداية تمر الموجة المحمولة على مصنى تمرير الحزمة المنخفضة LPF والذي يحد تردد الموجة بتردد القطع للمصنى لضمان عدم مرور أية إشارات غير مرغوبة ترددها أعلى من تردد الإشارة الأصلية. ثم تمر الموجة على المحدل الترددي الموصول بمهتز كريستالي عالى التردد (70 MHz) وأن كان غير كافي لتوليد للموجات الميكروية، فتكون الإشارة النائجة من المعدل عير كافي لتوليد الموجات الميكروية، فتكون الإشارة النائجة من المعدل المرحلة تكون صفيرة وبالتالي التشويه النائج بكون قليل.

ثم يقوم المازج برفع تردد إشارة NBFM وازلحته إلى التردد المميكروي المطلوب أي الحصول على موجة معدلة تعدل ترددي واسع النطاق Wide Band FM (WBFM) ويقوم المصنى الأخير بتمرير الموجة ذات المرخوبة من بين الترددات الناتجة بعد المازج.

3-3 المطلات العكسية الترديية 3-3 Erequency De-Modulators

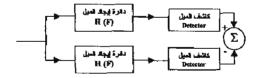
الغرض من المعدلات العكسية استخلاص الإشارة المحمولة من الإشارة المحلة FM أي أننا نحتاج لهذا الغرض إلى دائرة تحول النغير في التردد إلى تغير مقابل في الغولتية وتسمى هذه الدائرة "المميز" (Discriminator) والني تتكون أساسا من دائرة أيجاد ميل (Derivation) الإشارة المعدلة ومن ثم الكثيف عن هذا الميل الذي يشكل الإشارة المحمولة (Envelope Detector). واكن الإثمارة المعدلة FM تتعرض إلى التثبنب في الاثماع أثناء عملية الإرسال، ويجب التخلص أو لا من هذا التنبنب قبل إدخال الإشارة المحلة إلى المميز. والدائرة المعدولة عن ذاك تدعى "المحدد" (Limiter). وأهم الدوائر المستخدمة نهذا الغرض هي دائرة Foster-Sealy الذي يعطي علاقة أكثر خطية ولكن يجب أن يسبق بمحدد انساع، وكاشف النسبة المستخدمة المناشف والمحدد.

ان الدوائر الأساسية المستخدمة للتعديل العكمي التربدي هي:

ا. مميز التربد Discriminator ،

2. المعدل العكسى PLL باستخدام التغنية الخلفية PLL

ويمكن رسم المخطط الصندوقي ادائرة مميز التردد على النحو التالي:



حيث يتكون من دائرتي إيجاد ميل(slope) الإشارة المعلة FM ثم لإخال الإشارة التنتجة على كاشف الفطاء (Envelope Detector) الذي يستخلص الإشارة المطلوبة التي أصبحت تمثل اتساع (غطاء) الإشارة المشتقة بواسطة دائرة الميل، وتسمى هذه الخطة "مميز التردد المتوازن". وبالمعادلات الرياضية يمكن توضيح طريقة عمل هذه الخطة، فالإشارة المعدلة تعديل ترددي لما العلاقة التالدة:

$$V(t) = V_c \, Sin(\omega_c t + \Delta f/f_m \, Sin(\omega_m t))$$

ويتمرير هذه الإثبارة على دائرة العيل. نحصل علة مشققة هذه العلاقة على النحو الثالي:

 $V_d(t) = V_c * (\omega c + \Delta f^* 2^* \pi \operatorname{Sin}(\omega_m t))^* \operatorname{Cos}(\omega_c t + \Delta f / f_m \operatorname{Sin}(\omega_m t))$

ومن الواضح أن انساع العلاقة الأخيرة يمثل الموجة المحمولة المراد استرجعها والتي تشكل غطاء الموجة الجبيبة، وبالنالي يمكن الحصول عليها بواسطة دائرة كثناف الغطاء Envelope Detector ، فنحصل على الإثنارة:

 $V_d(t) = V_c \left(\omega c + \Delta f^* 2^* \pi \operatorname{Sin}(\omega_m t)\right)$

ويمكن التخلص من الجزء DC في الإثنارة باستخدام مكثب Blocking Capacitor.

و مميز النزيد المتوازن له عدة أتواع منها:

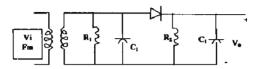
أ. كاشف الميل Slope Detector

ب. كاشف النمية (المعدل العكسي من نوع Travis).

ج. مميز Foster-Sealy

3-3-1 أ كاثف الميل Slope Detector

ونتكون دائرة كاشف للميل كما هو موضح في الشكل التالي:



حيث بسبب الاختلاف في التردد للإشارة المعدلة FM إلى اختلاف في انساع الإشارة الخارجة من كاشف النسبة. وتتلخص طريقة عمل هذه الدائرة بالنقاط التالية:

- Single المستخدم كاشف النسبة Slope Detector دائرة توليف ولحدة Slope Detector والتي لها تردد يميل قليلا عن التردد الحامل ft، مثلا لو كان التردد الحامل يساوي 10.7MHz فان تردد الرئين Frequency يولف ليكون 10.8MHz.
- عندما يكون النردد الداخل مساويا للنردد الحامل f فان الفولتية النائجة تكون مساوية لنصف أقصى فولتية محتملة من الدائرة.
- 3. عندما يزيد تربد الإشارة المعدلة عن النريد الحامل f_1 بمقدار (Δf_2) فان تربد الإشارة يتحرك إلى الأعلى على منحنى الاستجابة مسببا زيادة في الفولتية على المخرج. عندما يقل تربد الإشارة المعدلة عن التربد الحامل f_2 بمقدار (Δf_2) فان تربد الإشارة يتحرك إلى الأسفل على منحنى الاستجابة مسببا نقصان في الفولتية على الدخرج.

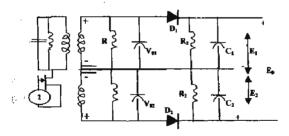
4. أن الإشارة الناتجة في النهاية لا زالت محلة ترديبا ولكن اتساعها بتغير تبعا للقيمة اللحظية للإشارة المحمولة والتي يتم الكشف عنها بكاشف الفطاه Envelope Detector المنكون من الوصلة الشائية Diode ومصفى نمرير الترددات المنخفضة (RC Circuit).

لن المحل العكسي من نوع كاشف العبل Slope Detector بسيط التصميم وقليل التكلفة، ولكن العيئة الرئيسية فيه هي الخاصية عدم التطلبة التصميم وقليل الاستجابة ذات المسائص خطية، وذلك يسبب تشويه Distortion كبير في الإشارة الخارجة.

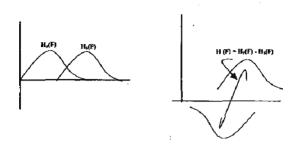
ويمكن تحسين وتطوير عمل هذه الدلارة بإيجاد دلارة ذات خاصية خطية أكبر، كما في المعدل العكسي من نوع Travis.

3-3-1-ب المعنل العكسي من نوع Travis

تتكون دائرة المعدل العكسي Travis كما هو موضح في الشكل التالي:



ان الخصائص الانتقالية Transfer Function المعدل العكسي Transfer Function خطية وذات حساسية عالية موضحة بالشكل التالي:



ان مبدأ العمل يعتمد على دائرتي رئين Resonance Frequency نولف الثانية على تردد أقل نولف الأولى على تردد أعلى من التردد الحامل وأ وتولف الثانية على تردد أقل من التردد الحامل و كن متعاكس. من التردد الحامل و كن متعاكس وعندما يكون التردد الداخل مساويا التردد الحامل و كا فان الفوائية الناتجة تكون مساوية المصفر، حيث أن كل من الوصلتين OD و DD تكونان في حالة التوصيل بالتساوي وبالتالي الفولئية على كل من المقاومتين R2 و R2 تكون متساوية في المقدار ولكن متعاكسة (فرق طور 80 ادرجة) وبالتالي تلفي كل منهما الأخرى، وعندما يكون التردد الداخل أعلى من التردد الحامل بتيمة عن التردد

وعندما يكون المتردد الداخل أعلى من التردد الدامل بقيمة عن التردد للحامل بقيمة عن التردد للحامل A_1 بمقدار (Δf_+) فان الكسب يزداد وتوصيل A_1 يزداد مسببا زيادة في الفولنية A_2 وينتج فرق بسيط في الفولنية موجب القطبية. عندما يقل تردد الإشارة المعدلة عن التردد الحامل A_1 بمقدار (Δf_+) فان الوصلة A_2 فمالة لكثر وبالتالي A_2 تكون أكبر من A_3 في هذه الحالة وينتج فرق في الفولنية (A_1) سائل القطبية.

ل الخصائص المركبة النائجة (منحنى الاستجابة) نكون خطية على ﴿ نَطَاقَ لُوسَعِ . نَطَاقَ لُوسَعِ .

ان المعدل العكسي Travis غير مختلف عن غيره من أفواع المعدلات الترددية العكسية الأخرى من حيث التكافة والتعقيد. كما أن هذه الأتواع تشترك بصفة واحدة وهي حساسيتها التنبنب في اتساع الموجة الحاملة أو التنبنب في الطرر Phase.

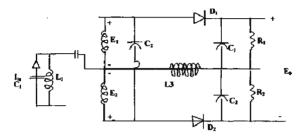
ان التنبنب في اتماع الموجة المعطة بحدث الأمباب مختلفة خلال انتقال الموجة من المرسل إلى المستقبل عبر الهواء، كالظروف الجوية ونعرض الموجة المتصاريس المختلفة، وتعبب هذا التنبنب في دائرة المعدل المكسى الذي الا يستطيع التمييز الذكي بين التغير بالتردد أو التغير في الاتساع، لذلك يجب ان يمين المميز دائرة المحدد Limiters التخلص من هذه النبذبات أو لا.

ان الإشارة الناتجة من المميز تكون مشوهة نتيجة عدة أسباب هي:

- ان الطيف التردد للموجة للمعدلة تعديل ترددي FM مكون من عدد كبير من الحزم الجانبية وليس من الحزم الفعالة التي يتم حساب عرض النطاق على أساسها، فالاتساع النسبي لذلك الحزم لا يساوي صغرا خارج حدود النطاق المحسوب و المحدد بين القيمتين (f-BW/2, f-BW/2).
- ان ناتج مصغیات التولیف ایست محددة النطاق بشکل دقیق واذلك بنتج تشویه من مصفى تمریر الحزمة المنخفضة المكون من مقاومة ومكلف (RC).
- ان الخصائص الانتقالية المصفى المواد أيست خطية على الدوام وإنما منطقة محددة فقط من حزمة الترددات لها الطبيعة الخطية.

1-3-3- ت ميز Foster - Sealy

نمثل الدائرة الثالية مميز فرستر -سيلي foster-Sealy:



حيث دائرتي LC وL1+L2) تولف بالضبط على التردد الحامل المإشارة والفوائية E3 مطبقة على العلف L3. وكل من الفوائنيتين E1 و2 مماريتان ولكن بينهما فرق طور 180 درجة.

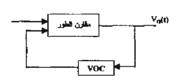
وفي حالة الرئين Resonance حيث يكون التردد الداخل مستويا للتردد الحامل فان فولنية المخرج Eo تساوي صغر. وعندما يكون التردد الداخل أعلى من التردد الحامل بمقدار (Δt) فان الكسب يزداد وتوصيل D1 يزداد مسببا في النهابة ان فولنية المخرج Eo تأخذ قيم موجبة. وعندما يقل تردد الإشارة المعدلة عن التردد الحامل d بمقدار (Δt) فان الوصلة D2 فعالة الكثر مسببا في النهابة ان فولنية المخرج Eo تأخذ قيم سالبة.

لتأثير العام لهذا المميز كان باستبدال فولتية DC على المخرج ذات قيمة متغيرة نتتاسب مع التغير في النرند العزاح عن النرند الحامل للإشارة. (كلما لزدادت الإزاحة (Δf_c) كلما لزدادت Vdc+، وكلما قلت الإزاحة (Δf_c) كلما فزداد بلى فولتية سالية).

2-3-3 المحل المصمى PLL باستخدام التغلية الخلقية Areed Back

لن دائرة (PLL) Phase Locked Loop (PLL هي دائرة تغنية خلفية سالبة أن دائرة المعللة ترديا FM ... FM ... وتعمل دائرة التغنية الخلفية على نظيل قيمة الخطأ Error Term إلى الصغر (المقصود بقيمة الخطأ الغرق في الطور بين الإشارة الدلخلة والإشارة المرجعية ... (Reference).

و المخطط الصندوقي العام لدائرة PLL موضحة في الشكل التالي: مراضات



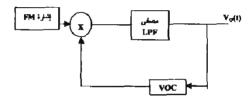
لن الحلقة Loop تقارن بين طور الإشارة المحلة تردديا FM وبين طور الإشارة المحلة تردديا Phase طور الإشارة الخارجة من المهتز VCO. وإذا كان الغرق في الطور Shift أي قيمة غير صفرية فان التردد الخارج من VCO بأسلوب يدفع الغرق الثالى إلى الصفر.

ومخرج مقارن الطور Phase Comparator يشكل مدخل VCO، ومخرج عبارة عن إشارة معنلة تربدبا FM ينتاسب التربد اللحظي لها مع فرق الطور بين الإشارة الدلخلة ومخرج VCO.

ان النغير المستمر الإثبارة على مدخل VCO ينتج موجة مبعلة تحيل : عكسى Demodulated Signal من الموجة المحلة تربديا FM.

ان الحلقة تكون في حالة قتل Lock ' عندما تكون كل من الإشارة الداخلة المعدلة FM وإشارة مخرج VCO متساويتي التردد ولكن بغرق طور 90 درجة.

وباستخدام مقارن لقرق الطور مكون من ضارب متبوع بمصفى تمرير مزمة منخفضة (Low Pass Filter (LPF) (ويسمى مصفى المطقة Loop كن تصبح دائرة المعدل العكسي كما هو موضح في المخطط الصندوقي الثالى:



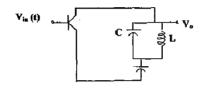
أن المكونات الأماسية لهذا المعدل العكسي هي:

- l. ضارب Multiplier.
- 2. مصفى حلقي Loop Filter
- . Voltage Control Oscillator (VCO) 3
- ان النفد Losses في هذه الدائرة يحمد على مصفى الطقة.

4-3 المحددات Limiters

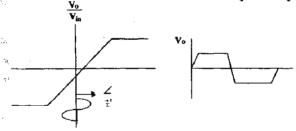
المحدد Limiter هو الدائرة التي تسبق المعيز في المحل الترددي المحمد المحدد EM المحمدي والمعمودية عن التخلص من التذبيديات في انساع الموجة المحدلة FM

قبل إدخالها إلى دائرة للمميز Discriminator. ويمكن أن يتكون المحد من الوصلة الثنائية أومن تراتزيستور يكبر الإشارة الداخلة وثم دائرة توليف ... المتخاص من المضاعفات كما في الدائرة التالي:



į,

والخصائص الانتقالية Transfer Function H(f) المحد موضعة في الشكل الثالي:



ان الإشارة الناتجة من المحدد ذات تردد مختلف عن تردد الإشارة الأصلية (كل من التردد الأصلي ومضاعفاته Harmonics) لأن الترادد الأصلية ومضاعفاته Collector يعمل في المنطقة الخطية، ولذلك يليه دائرة توليف عند اللجامع للتردد المطلوب.

ويمكن الحصول على محدد قوي Hard Limiter باستعمال وصلتين Diodes على التوازي Parallel ولكن متعاكستين ويذلك يمكن التخلص من التنينبات البعيطة في الإنساع.

5-3 تأثير التشويش على أنظمة التعيل الترددي Noise Effect

في التعديل الترددي FM يتم تحميل موجة حزمة النطاق الأماسي في تردد الموجة المحلة وليس في التماعها كما التحديل السعوي AM عوان تغير القيمة اللحظية الموجة المحمولة يؤثر فقط في تردد الموجة الحاملة ولا يؤثر في انتماعها. ولذلك فان التغير في انتماع الموجة المحدلة بنتج عن التشويش فقط. ويمكن التخلص من التنجيبات في الإشارة بواسطة المحددات Limiters في الرساحة السابقة لدائرة المميز.

وعندما تكون نسبة قدرة الإشارة إلى التتنويش فان التثمويش لا يكون له تأثير. وبالرغم من ان عرض النطاق BW للموجة للمعلة تردديا اكبر من عرض النطاق للموجة المعلة سعويا إلا أن تأثير التشويش الأبيض White في حالة FM أقل من تأثيره في حالة AM.

ولكن بزيادة عرض النطاق يزداد التشويش الأبيض ويمكن ان يتسبب في عطل وانقطاع الاتصال وهبوط في أداء النظام، ويمكن الحد من هذه المشكلة بتقليل عرض النطاق BW والذي يتناسب طرديا مع معامل التعديل التردي وفقا لملاقة كارسون:

 $BW = 2f_m(1+m_f)$

6-3 دو قر التأكيد السابق Pre-emphasis والتأكيد اللاحق De-emphasis

ان المؤشارات الصونية Audio Signal خاصية هامة وموثرة، وهي أن خ قدرة Power الترددات المنخفضة عالمة بشكل كبير مقارنة مع قدرة الترددات العالية. فترند الإشارات الصوئية (الكلامية) محدود نسبة لترددات الإشارة الموسيقية ومع ذلك فان قدرة الترددات قوق 3KHz نكون قليلة. كذلك الحال مع ترددات الإشارات الموسيقية حيث نكون قدرة الإشارة الموسيقية ذلك التردد المنخفض عالية بينما قدرة الإشارة الموسيقية ذلك التردد العالي نكون قليلة على الرغم من أن مدى الإشارة الموسيقية Music أكبر من مدى الترددات للإشارة الصونية Audio.

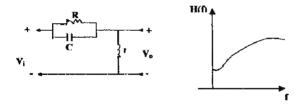
وبالتالي عند تحميل الإشارة الصوئية Audio signal على التردد الميكروي العالمي (تعديل الإشارة Modulation) فان مكونات الطيف الترددي الأقرب بلي التردد الحامل يكون لها قدرة عالية، وتقدفض قدرة مكونات الطيف Spectrum للإشارة المعللة كلما ابتحت عن التردد الميكروي (وذلك واضم من قيم اقترادات بيميل التي تمثل الاتساع النمبي المكونات الطيف الترددي المعللة FM، حيث تتخفض قيمة الاقتران بانخفاض درجته).

من جهة أخرى، فإن التشويش الأبيض White Noise يوجد في جميع الترددات وبنفس المستوى مواء في الترددات العالية أو الترددات العندفضة. وبالنائي فإن قيمة نسبة فدرة الإشارة إلى قدرة الضديج (S/N) في مكونات الطيف الترددي القريبة من التردد الميكروي الحامل للإشارة الصوتية أكبر من فيمتها في الترددات البعيدة عن ذلك التردد الميكروي.

بعد النعرف على هذه الخاصية الموجة الصونية، المؤال الذي يطرح نفسه: كيف يمكن تحسين أداء performance أنظمة FM ؟ أو بكامات أخرى كيف يمكن الاستفادة من خاصية إشارة الضجيج وخاصية الإشارة المسموعة الزيادة نسبة قدرة الإشارة إلى قدرة الضبيع Signal to Noise Ratio الإيادة نسبة قدرة الإشارة إلى قدرة الضبيع

الجواب هو دو الر التأكيد السابق Pre-emphasis والتأكيد اللاحق -De emphasis و التأكيد اللاحق -emphasis و وبترضيح ماهية هاتين الدائرتين يتضبح كيف بتم تحسين الأداء.

دائرة التأكيد السابق عبارة عن مصفى ذو طبيعة عمل معينة، حيث يقوم
بتكبير الإشارة ذات القريدات العالية فهو يعمل كمصفى تمرير العزم الترددية
العالية HPF وفي نفس الوقت يسمح بعرور الترددات المنخفضة بدون أن تكبر.
والشكل التالي يوضح مكونات دائرة التأكيد السابق Pre- Emphasis
والشكل التالي الاعتقالية Transfer Function لها:



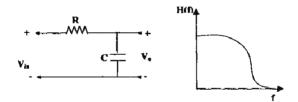
وبإدخال الموجة المعدلة FM في المرسلة Transmitter على دائرة وبإدخال الموجة المعدلة FPe-emphasis فيل إرسالها فان ذلك يزيد من قرة مكونات الطيف الترددي البعيدة عن الحامل (درن التأثير السلبي على مكونات الطيف القريبة من الحامل). وبزيادة قدرة الإشارة S فان النسبة SNR تزيد، أي ان أداء النظام يتحمن. ويتاسب الكسب لهذه الدائرة طرديا مع مربع التردد (G a)

ومن اللجهة الأخرى، أي المستقبلة Receiver لا بد من معادلة Equalization تأثير مصفى التأكيد السابق الذي الضيفت في المرسلة. وتتم هذه المعادلة بإضافة دائرة التأكيد اللاحق De-Emphasis الذي لها خواص انتقالية مكافئة لمقلوب الخواص الانتقالية لدائرة التأكيد السابق، أي أن:

$$H_d(f) = 1/H_0(f)$$

ومن ذلك يمكن الاستثناج لن دائرة التأكيد اللاحق تعمل كمصفى شرير المحزمة الترددية المنخفضة LPF لتعادل التغيير الذي سببه مصفى التأكيد السابق ولخفض التغويش Noise. ويتناسب الكمب لهذه الدائرة عكسيا مع مربع التردد (G a 1/f²).

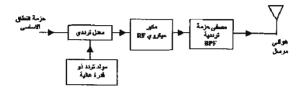
ومثال بسبط لدائرة التأكيد اللاحق والخواص الانتقالية لها موضح في الشكل النالي:



7-3 المستقبلات Receivers

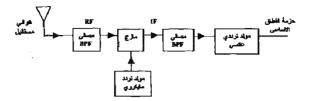
ان عمل المرسلة Transmitter يتلخص بتحويل الإشارة الفيزيائية المرسلة (صوت، صورة،....) إلى إشارة كهريائية (ذات النزيد المنخفض، أو ذات حزمة النطاق الأساسي)، وتحميل هذه الإشارة على نزيد حامل عالى بأحد متقبات التحديل Modulation وشرر على عدة مراحل تكبير Amplification وشرر على عدة مراحل تكبير

قبل إرسالها عبر الهوائي الذي يحول الإشارة المحلة Modulated Signal ذات النردد العالى إلى موجة كهرومغناطيسية تتنقل عبر الهواه أو الفراخ (الرسط الناقل). والشكل النالي يوضح المخطط الصندوقي Frequency Modulation FM:



وتنقل الموجة خلال الوسط النقل لها وتتعرض خلال انتقالها إلى الترهين وإضافة إشارة الضجيج وغيرها من العوامل التي تسبب الخسارات فيها إلى حين وصولها إلى الجهة الأخرى من نظام الاتصال Communication ... System حيث توجد المستقبلة Receiver ...

ولتتم عملية الاتصال بشكل ناجح (أي إيمام عملية نقل المعلومة ووصولها بشكل واضح)، فعلى المستقبلة التقاط الموجة الكهرومغاطيسية وتكبيرها إلى إشارة كهربائية معلة مطابقة (أو مشابهة) لتكك التي كانت في المرسلة، ومن ثم استخلاص حزمة النطاق الاساسي (الموجة المحمولة) من الموجة المعلة ذات التردد العالي (أي عكس عملية التحديل التي تمت في المرسلة اعملية التحديل المكمي De-Modulation" وفي المرسلة النهائية إلى الإشارة الغيزيائية إلى الإشارة الغيزيائية المرسلة أصلا بواسطة الجهاز المناسب (سماعة، شاشة عرض،....). والشكل التريي Block Diagram المستقبلة تستخدم الشعيل الترددي Block Diagram التحديل الترددي Block Diagram التحديل الترددي



وبالثالي يمكن تلخيص العمليات التي تقوم بها أجزاء المستقبلة Receiver بما يلي:

- 1. وظيفة حواتي المستقبلة Antenna: التقاط الموجة المرسلة ذات المردد الميكروي بشكل جيد ويكفاءة عالية عند مختلف الترددات ومن كافة المحطات المرسلة المختلفة وتحويل هذه الموجة الكهرومغناطيسية إلى موجة كهربائية معنلة.
- وظيفة مصفى تعرير الحزمة الراديوية Band Pass Filter: التخلص من الترددات غير المرغوبة المصاحبة الموجة المستقبلة بشكل فعال ودقيق.
- 3. وظبقة دائرة ضبط الربح الألي (AGC) للتمارة دائرة ضبط الربح الألي (AGC) لتى تحدث معالجة التغييرات المتباينة الناتجة عن الفقد في الفراغ الخارجي التي تحدث المشارة خلال انتقالها من المرسلة إلى المستفيلة قبل تكبيرها أو إختالها إلى دوائر التعديل العكسي، وذلك من خلال تحكم دائرة AGC بأقصى قيمة في الهبوط في مسترى الإشارة المستقبلة (عادة بين dB -50 dB). حيث تعمل هذه الدائرة الحصول على مسترى ثابت للإشارة المستقبلة (التي تلتقط بواسطة الهوائي بمستويات مختلفة)، وهذا المستوى الثابت له في الغالب قيمة معبارية dB 5.

مثال توضيحي لفكرة عمل دائرة AGC: إذا التقط هوائي المستقبلة إشارة تعرضت لهبوط في مستواها بمقدار 43 dB فان دائرة AGC ترفع هذه الإشارة إلى المستوى المعياري الثابت وهو 5d قبل إخالها إلى المرحلة الثالية في المستقبلة بشارة تعرضت لهبوط في مستواها بمقدار 47 dB فان دائرة AGC ترفع هذه الإشارة إلى نفس المستوى المعياري الثابت وهو 5d قبل إختالها إلى المرحلة الثالية في المستوى المعياري الثابت وهو 5d قبل إختالها إلى المرحلة الثالية في المستقبلة.

أي ان الإشارة التي تدخل على المرحلة التي نلي دائرة AGC تكون دائما بمستوى بساري المستوى المعياري الثابت بغض النظر عن مستواها عند الهوائي.

 وظيفة المعدل المكسي De-Modulator : تمييز المرجة المحمولة في الموجة المعدلة FM، أي استخلاص حزمة النطاق الأماسي من التريد الميكروي الحامل.

وعملية التعديل (وعملية التكبير) يمكن أن نتم عند نريدات أقل من النريد المبكروي نمرف بالنريدات المنوسطة Intermediate Frequency IF، حيث بتم العمل في النريدات المنوسطة بشكل أبسط من النريدات المبكروية العالية، ومن المخطط الصندوقي المستقبلة بتضح أن العمليات التي نتم عند النريد المتوسط IF هي:

التحكم الآلى بريح المرجة المستقبلة (دائرة AGC).

ب. استرجاع الموجة الأصلية ذات حزمة النطاق الأساسي من الموجة المعدلة المستقبلة ذات التردد الميكروي (عملية التعديل العكسي De (Modulation)

ج. تصفية التريدات غير المرغوبة التربية من التريد الميكروي المطلوب.

في الأنظمة الميكروية ذات 1800 فيّاة نكون فيمة التردد المتوسط 140 MHz بينما في الأنظمة ذات 2700 فيّاة نكون فيمة التردد المتوسط 140 MHz. أما في أنظمة UHF ذات السعة العليلة فتكون فيه فيمة التردد المتوسط MHz.

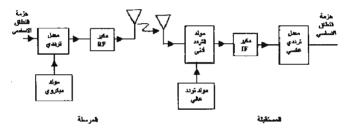
3-8 مرسلات التعبيل المباشر

من الناحية السلبة، ان أنظمة الإتصالات Systems نسل في مدى التربدات السيكروية والعالية جدا (مثلا التربد الحامل في مدى التربدات السيكروية والعالية جدا (مثلا التربد الحامل في لنظمة البث الإذاعي تترفرح قيمته بين 108-88). فليس من البنطق الرسال إشارة المعلومات ذات التربد المنخفض بشكل مباشر، وذلك لحدم قيرتها على الانتشار المسافات طويلة. ومن هنا يأتي بور وأهمية عملية التعديل التربدي FM، لتحميل إشارة المعلومات (ذات حزمة النطاق الأساسي Base التربدي Base) على إشارة ذات تربد عالى التي أصبحت تعمل عمل وسيلة نقل مسؤولة عن ترصيل الإشارة المحمولة عليها إلى نقطة الوصول المطاوية (المستقبل).

وبإجراء عملية التحول Modulation يتم نقل إشارة للمطومات من حزمة النطاق الأساسي Base Band إلى حزمة الترددات المالية Signal . Signal

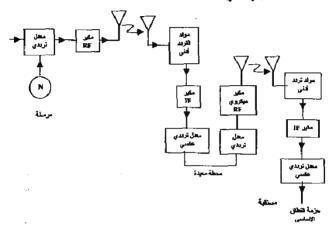
ان الإشارة المرسلة يجب أن تكون ضمن مقابيس معينة اضمان استقبال جيد في الطرف الأخر من النظام عند المستقبلة. فيجب أن تكون الإشارة المرسلة ذات قدرة كافية الإرسالها إلى مسافات كبيرة بحيث تكون الإشارة المستقبلة في اللجهة الأخرى ضمن المستوى المسموح به (فلا تكون إشارة الضجيج بمستوى أعلى من مستوى إشارة المعلومات). كما يجب ان تكون هذه القدرة مركزة عند النردد الحامل للموجة وليس عند أي نردد آخر غير مرغوب حيث سيتم في المستقبلة نصفية هذه النرددات الغير مرغوبة.

والمقصود بمرسلات التعديل المباشر المرسلات التي تعدل فيها إشارة المعلومات الموجة الميكروية التي تولد بواسطة المهتزات المحلية (أو غيرها من المهتزات) دون الحاجة لنزيدات متوسطةIntermediate Frequency. والشكل التالي يوضح المخطط الصندوقي لنظام التعديل المباشر المنكون من مرسلة ومستقبلة بدون أي محطات نتوية (إعادة) بينهما:



ففي المرسلة يقوم المهتر المحلي بتوليد الموجة الميكروية التي تعدل بموجة حزمة النطاق الأساسي بواسطة أحد المعدلات الترددية التي تم شرحها معلمةا، ويتم تكبير الموجة المعدلة لزيادة قدرتها قبل بثها من خلال الهوائي. أما في المستقبلة بتم تحويل التردد الميكروي المستقبل الحامل لموجة المعلومات إلى تردد أدنى (تردد متوسط)، الذي يكبر ثم يعدل عكسيا بأحد دواتر التحديل الترددي المكسى لاسترجاع حزمة النطاق الأساسي Base Band.

وتستعمل طريقة التعديل المباشر مع الأنظمة التي تتعلمل مع حزمة الترددات UHF. كما أن أنظمة الاتصال الموكروية لمسافات 400 Km تستعمل طريقة التحيل المباشر ولكن توضع معطات تقوية وإعادة (وتسمى فقرّات) بين المرسلة والمستقبلة الأساسيتين الموجودتين على الأطراف، كما هو موضح في المخطط الصندوقي التالي:



ويتكون فلمعيد من دائرة للاستقبال ودائرة لإعادة الإرسال مربوطنان خلف لخلف الحلف Back to Back، حيث يتم استقبال الإشارة المرسلة وتعر بنفس المراحل في المستقبل السابق ثم تكبر وبعاد تعديلها وإرسالها. والغرض من هذه المعيدات غير المأهولة تقوية الإشارة المرسلة بين أطراف تفل بينهما مسافات بعيدة، وغالبا ما تشكل هذه الأطراف قرى لها مقاسم تليفونية بحيث يؤخذ عدد من القنوات الصوئية وتربط مع المقسم بينما محطات التقوية البينية فلا تحتوي مقاسم تليفونية ولا تتعامل مع قنوات صوتية (وبالرغم من ذلك تحتوي كل الأجهزة اللازمة التحديل والتعديل العكسي). وتسمى المعيدات في أنظمة التحديل. المباشر بمعيدات حزمة النطاق الأساسي.

ان نظام التعديل المباشر له عدد من السيئات، هي:

- نعدد أجهزة التعديل والتعديل العكسي يشارك في إنتاج إشارات غير مرغربة (تشويش) في القنوات الصونية.
- 2. تسبب أجهزة التعديل والتعديل العكسي أو أجهزة تكبير حزمة النطاق الأساسي حدوث تغييرات في مستوى حزمة النطاق الأساسي، وفي أنظمة الاتصال بعيدة المدى يوضع عدد أكبر من المعيدات وبالنالي عدد أكبر من هذه الأجهزة، مما يجعل لهذه التغييرات تأثير فعال ويصبح هذالك حاجة الصيانة المستمرة الأجهزة.

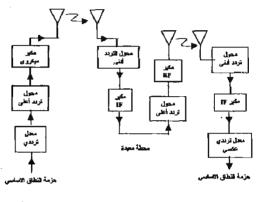
وبسبب هذان السببان لا يستعمل التحديل المباشر. ولنما يستعمل النوع الآخر من المرسلات، هو نظام التعديل الهيتروديني Heterodyne Transmitter.

9-3 المرسلات الهيتر ودينية Heterodyne Transmitter

الغرق الأساسي بين أنظمة التحديل المباشر والأنظمة الهيتروديدية يكمن في المرسلة، فخلافا المرسلة التحديل المباشر (التي يتم تحديل إشارة حزمة للنطاق الأساسي فيها مباشرة)، ففي مرسلة التعديل الهيتروديني يتم رفع التردد من حزمة النطاق الأساسي إلى نردد أعلى (تردد متوسط) ويتم تحديل الموجة المبكروية ذات التردد الحالي (70MHz) بالموجة المتوسطة، أما في المستقبلة فيتم تحديل التردد المبكروي إلى نزدد أقل عَيمة والذي يمثل أيضا التردد المتوسط وتدخل الموجة المتوسطة إلى معدل عكسي ترددي المحصول على حزمة النظاق الأساسي، ولا تتعامل المعيدات في انظمة التحديل الهيتروديني

مع حزمة النطاق الأساسي. وإنما يحول الإشارة الميكروية إلى إشارة متوسطة ثم يعيد تعديلها تردديا وتكبيرها قبل إعادة إرسالها، ولذلك تسمى المعيدات في هذه الأنظمة بمعيدات الموجة المتوسطة (معيدات IF).

والشكل النالي يوضح المخطط الصندوقي لنظام النعديل الهيتزوديني:



أحنلة المحدة الثالثة

- س1) ما المقصود بالتعديل الترددي FM؟
- مر2) ما الفائدة من تحديل الموجة تردديا FM؟
- من3) ما الفرق الذي تلاحظه بين محطة إذاعية من نوع FM ومحطة إذاعية أخرى من نوع AM؟
- منه) إذا كان نردد الموجة المحمولة بساوي 15KHz وانحراف التردد الموجة المعدلة تحديل ترددي FM يماوي 10KHz ، احسب معامل التحديل.
- مى5) لحسب معامل التحديل السوال السابق إذا كان انحراف التردد Δf يساوي $20 {
 m KHz}$
 - مره) مرجة معلة تعديل ترددي FM ذلت العلاقة القيامية التالية: $V(t) = 2 \sin(10^{12} t + \sin(1000t))$ ما مُعمة انحر انب الذرد لهذه الموجة؟
 - س 7) موجة معدلة تعديل ترددي FM ذات العلاقة القياسية التالية: $V(t) = 4 \sin(10^{12} t + 2 \sin(2000t))$
 - ما قيمة انحراف التردد Afms لهذه الموجة؟
 - مر8) موجة معنلة تعديل تربدي FM ذات للعلاقة القبامية التالية: $V(t)=2.5~{\rm Sin}(10^{12}~{\rm t}+3~{\rm Sin}(628^*10^4~{\rm t}))$ ما قيمة انحر الب التربد $\Delta f_{\rm max}$ لهذه الموجة؟
- m9) إذا كان تردد الموجة المحمولة $f_m = 24 \text{KHz}$ ، وانحر اف النردد الموجة المعدلة 4 KHz ، المطلوب الإرسال الموجة المعدلة 7 KHz ، المعدلة 7

- س10) محطة FM تبث موجات صوتية ذلت مدى تزددي (50Hz -25KHz) فما مدى معلسل التعديل المسموح به لهذه المحطة، مع العلم أن أقصى الحراف تزدد لمحطة FM هو 75KHz.
- س 11) إذا كان تربد الموجة المحمولة 20KHz ، وانحراف التربد الموجة المحمولة BW) المطلوب الموجة المعدلة 40KHz، فما عرض النطاق (BW) المطلوب الرسال الموجة المعدلة FM (استعن بجدول معامل التعديل التربدي) محطة FM تبث موجات صوتية ذات مدى تربدي 10Hz)
- س12) محطه FM بيت موجات صوبيه دفت مدى ترددي 10MZ-(100KHz) قما مدى معامل التعديل المسموح به لهذه المحطة، مع العلم أن أقصى لنحراف تردد لمحطة FM هو 75KHz.

س14) لذا كانت لدينا الموجة المعقدة الثالية:

 $V(t) = 4 \sin(2000t) + 2 \sin(1000t)$

وأربنا عمل تعديل ترددي FM لها، فما ترددات الحزم الجانبية التي منظهر في الطيف الترددي الموجة المعدلة، إذا كان نردد الموجة الحاملة بساوي GHz GHz

س15) إذا كانت لدينا الموجة المعقدة الثالية:

 $V(t) = 4 \sin(2000t) + 2 \sin(1000t) + 2 \cos(1500t)$ $e^{-1} \int_{0}^{\infty} dt \int$

- س16) ما تأثير زيادة إزاحة التربد Δf على عرض النطاق الموجة المعدلة تربيبا FM ؟
- س17) ما طرق التعديل التربدي FM؟ ما التقنية المتبعة في كل من هذه الطرق؟
 - س18) ما الفرق بين لشارة NBFM ولشارة WBFM ؟
 - س19) ما الغرض من المعدلات العكسية Frequency Demodulators ؟ س20) ما الدوائر الأساسية المستخدمة للتحيل للعكسي الترددي ؟
- س 21) ما المقصود بخطة مميز التردد المتوازن؟ ما المخطط العام لهذه الخطة؟ وما ألية عملها؟
 - س22) اذكر ثلاثة أنواع لمميز التردد المتوازن موضحا آلية عمل كل منها.
 - س 23) ما أسباب التشوه في الإشارة الناتجة من المميز ؟
 - س24) ما المكونات الأساسية لهذا المعدل العكسى PLL؟
 - س 25) ما وظيفة المحدد Limiter؟ وكيف يمكن الحصول على محدد قوي؟
- س26) قارن بين تأثير التشويش الأبيض على موجئين أحدها عدلت تعديل تردديا FM والثانية عدلت تحيل سعوى AM؟
- س27) ما المقصود بدائرة للتأكيد السابق Pre- Emphasis ؟ ما الخصائص الانتقالية لها ؟ ما تأثيرها على الإشارة المعدلة FM المرسلة؟ أعطى مثال بسيط عنها.
- س28) ما المقصود بدائرة النأكيد اللاحق De- Emphasis؟ ما الخصائص الانتقالية لها ؟ ما تأثيرها على الإشارة المعدلة FM المستقبلة؟ أعطي مثال بسيط عنها.

س29) ما الملاقة بين الخصائص الانتقالية ادائرة التأكيد اللاحق -Pre Emphasis والخصائص الانتقالية ادائرة التأكيد السابق -Pre Emphasis؟

س30) إذا كانت الخصائص الانتقالية لدائرة التأكيد السابق Pre- Emphasis على النحو التالي:

 $H_0(f) = 10 + j200$

فجد الخصائص الانتقالية لدائرة التأكيد اللاحق De- Emphasis لهذا النظاء.

س 31) إذا كانت الخصائص الانتقالية لدائرة التأكيد اللاحق De- Emphasis على النحو القالي:

 $H_d(f) = 10/(1+j(1/200))$

فجد الخصائص الانتقالية لدائرة التأكيد السابق Pre- Emphasis لهذا النظام.

"f والتردد Pre- Emphasis والتردد التأكيد السابق Pre- Emphasis والتردد ff والترد ff والتردد ff والتردد ff والتردد ff والتردد ff والتردد ff و

س35) ما المقابيس التي بجب أن تتواجد في الإشارة المعدلة تردديا FM قبل لرسالها؟

س36) ما سيئات نظام النعبيل المباشر؟

س37) مما يتكون نظام النحديل المباشر؟

س 38) ماذا تسمى المعيدات في نظام التحيل العباشر؟ ما مبب هذه التسمية؟

- س39) مما يتكون نظام الهيتروديني؟
- س40) ماذا تسمى المعيدات فى نظام التعديل الهيتروديني؟ ما سبب هذه التسمية؟
- س.41) كيف تتم معالجة سيئات النعبيل العيشر في نظام التعديل الهيتروديني؟ مسئلة FM 4 FM في موجة معدلة 4 FM حرم، وعرض العزمة للحاصلة. فما قيمة تردد الموجة المحمولة fm?

الوحدة الرابعة



الوحدة الرابعة

العوامل المؤثرة على أنظمة الميكرويف

1-4 التشويش وأتراعه Types of Noise

التشويش أو الضميرج Noise عبارة عن إشارة غير مرغوبة Undesired Signal نضاف إلى الإشارة الأصلية ونظهر في الإثبارة التي نصل المستقبلة.

ان التشويش هي النقطة التي يجب على جميع دارسي الإلكترونيات Electronics والاتصالات Telecommunications التعرف عليها بشكل جيد. إنها النقطة التي تحدد أداء Performance وكفاءة أي نظام system ان إشارات الضجيح تكون ضعيفة بشكل علم (نقاس بوحدة μV)، لذلك من الغريب التفكير لماذا تشكل هذه المشكلة! ان المستقبل Receiver في أنظمة الاتصالات بعد جهاز حساس جدا Very Sensitive حتى للإشارات الضعيفة وتليه مباشرة مرحلة تكبير Amplification عالي لذلك الإشارات قبل وصولها لنهاية إلى السماعة Speaker أو جهاز عرض آخر سمعي أو مرني.

وهناك نوعين من الصجيح: الصجيح الذي يضاف إلى الإشارة المرسلة أثناء انتقالها في الوسط الناقل Medium ويعرف هذا النوع بالصجيح الخارجي External Noise، أما النوع الآخر فهو الصجيح الذي ينتج في المستقبل نصه ويعرف بالصجيح الدلخلي Internal Noise.

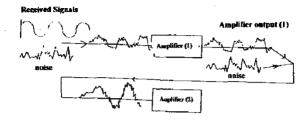
ومن أنواع للضجيج للخارجي External Noise:

الضبجيج النائج عن الأخطاء البشرية Man-Made Noise و هي تحدث في
 ترددك 500MHz وما فوق، كما أنها ضعيفة جدا.

- 2. الضجيج الجري Atmospheric Noise : هو الضجيج الذي ينتج من الاضطرابات في الجو المحيط بالأرض والذي ينتشر في الترددات المختلفة. وهو يصبح لآل أهمية Less severe في الترددات الأعلى من MHz اللمبين التاليين:
- أ. الترددات الأعلى محدة بعدى خط النظر المباشر ، أي أقل من 80 Km
- ب. طبيعة الميكانيكية الموادة لها الضحيح تواد إشارة ضحيح أقل
 بكثير في حزمة نرددك VHF والترددات الأعلى منها.
- 3. الضجيج الفضائي Space Noise : ويرجد نوعين منه: الضجيج الكرني Cosmic Noise . ويلاحظ الضجيج الشمسي Solar Noise . ويلاحظ الضجيج الفضائي في مدى الترددات بين MHz و 1.43 GHz وترددات أعلى من هذه في بعض الأحيان.

أما الصحيح الداخلي Internal Noise كما ذكر سابقا فهو الصحيح الذي يضاف من المستقبل نفسه (أي أن الصحيح الخارجي الداخل إلى هوائي Antenna المستقبلة بضاف له صحيح يولد في المستقبل Receiver قبل وصوله إلى المخرج الأخير).

ان أهم إسهام الصحيح في المستقبل بحدد بمرحلة التكبير الأولى حيث ان الإشارة المرغوبة ذات مستوى قلبل في تلك المرحلة وبالتالي فان الضجيح سوف يكون له تأثير كبير، وبين مرحلة التكبير الأولى والثانية يضاف ضجيح أخر ولكن ليس له نفس التأثير، ويجب أن يؤخذ تأثير الضجيح في المرحلتين عند تصميم المكبرات Amplifiers، والشكل التألي يوضح مراحل إضافة الضجيح على الإشارة في المستقبل:



وأهم أنواع الضجيج الذي يولد في المستقبلة (الضجيج الدلخلي) هو الضجيج الدراري Thermal Noise، كونه الضجيج الذي لا نستطيع التحكم به.

التشويش الحراري Thermal Noise

هو الناتج عن خسارة جزء من الطاقة بشكل حرارة، وتحمب قدرة الضجيج وفقا للعلاقة التالية:

 $P_n = KT\Delta f$

حيث:

Poise Power يمثل قدرة إشارة الضجيج: Po

1.38 * بمثل ثابت بولنزمان Boltzmann Constant ويساوي * K 10⁻²³ Joul/Kelven

T: يمثل درجة حرارة المقاومة بوحدة الكيافين (Kelvin (k

Δf: يمثل عرض الحزمة الترديبة Band Width النظام بوحدة الهرتز Hz.

فالملاقة بين قدرة هذا الصديح وعرض نطاق النظام علاقة طردية مباشرة، فكاما زاد عرض النطاق كلما لزدادت قدرة الضجيج الحراري Thermal Noise

ويمكن التعويض عن معادلة القرة في المعادلة أعلاه انصدح على النحو التالي:

 $P_n = V_n^2 / R = KT\Delta f$

ويما أن أعلى قارة تحدث عندما يكون مقارمة المصدر مساوية لمقاومة الحمل (R=R_L)، فتصبح الفرائية على الحمل توزع مناصفة بين المقارمتين . وبالتالي تصبح المعادلة:

 $P_n = (V_n/2)^2/R = KT\Delta f$ فان الغوائية المكافئة الضجيج الحراري تساوي: $V_n = \sqrt{4 \ KT} \Delta f R$

مثال1: مكبر يصل في حزمة الترددات الممتدة بين 18 MHz إلى 20 MHz و 20 MHz له مقاومة تساوي 10 KΩ ما قيمة فولتية الضجيج الدلظة إلى المكبر إذا كانت درجة الحرارة المنوية 20°22 .

الحل:

أو لا بجب تحويل درجة الحرارة من الرحدة المنوية C إلى الكيافين K حسب العلاقة التالي:

 $^{1}T = C + 273$ = 27 + 273 = 300 K

كما يجب حساب عرض الحزمة الترددية £∆ وفقا العلاقة:

 $\Delta f = f_h - f_s$ = 20 - 18 = 2 MHz

بالإمكان الآن حصاب قيمة إشارة الصجيح الدلخلة إلى البكير وفقا للملاقة:

$$V_n = \sqrt{4 \text{ KT} \Delta f R}$$

$$= \sqrt{4 * 1.38 * 10^{-23} * 300 * 2*10^6 * 10^4}$$

$$= \sqrt{24 * 1.38 * 10^{-11}}$$

$$= 18.2 \text{ mV}$$

مثال2: مضخم يعمل بعرض نطاق ترددي 4 MHz له مقاومة 1000 يعمل بدرجة حرارة $^{\circ}$ 27C وله كعب يساوي 200، الإشارة الدلخلة نساوي $^{\circ}$ 5 μ V_{rms} من المكبر .(أهمل الضجيح الخارجي).

الحل:

أو لا يجب تحويل درجة الحرارة من الوحدة المثوية C إلى الكيافين K حسب العلاقة التالي:

$$T = C + 273$$

= 27 + 273 = 300 K

لحساب قيمة لمشارة الضجيج الخارجة يجب أولا حساب تتيمة لمشارة الضجيج الداخلة إلى المكبر وفقا للعلاقة:

$$V_{\rm R} = \sqrt{4} \text{ KT} \Delta f R$$
= $\sqrt{4} * 1.38 * 10^{-23} * 300 * 4 * 10^6 * 100$
= 2.57 μ V

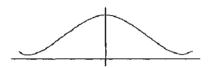
ان إشارة الضجيج نكبر بنفس النسبة التي تكبر بها الإثمارة العرغوبة وهمي في هذا العثال 200 مرة، وبالتالي فلن الإشارة المخارجة تساوي:

 $V_0 = 5 * 10^{-6} * 200 = 1 \text{ mV}$

إشارة الضجيج الخارجة من المكبر تساوي:

$$V_{no} = 2.57 * 10^{-6} * 200 = 0.514 \text{ mV}$$

ان التشويش الأبيض White Noise له مركبة في جميع الترددات وبأخذ شكل جاوسيان في توزيع الطيف الترددي والموضح في الشكل التالي:



وبما ان عرض الحزمة للإثنارة المعدلة FM يعطى (بشكل تقريبي) حسب علاقة كارسون:

$$BW = 2(f_m + \Delta f)$$

دىث :

Δf: تمثل الإزاحة القصوى للتريد.

fm: تمثل أعلى تردد للموجة المحمولة.

فان الجزء الذي بوثر من التشويش الأبيض على الإشارة المحلة يكون الجزء المحصور بعرض الحزمة هذه، وبذلك فان زيادة عرض الحزمة الموجة المحلة يصاحبه زيادة نسبة التشويش الأبيض .

ولكن إذا كانت نسبة قدرة الإنسارة المعطلة إلى قدرة إنسارة الضجيج كبيرة (S/N)، فإن النظام لا يتأثر في هذه الحالة. وبمتارنة نظام FM بنظام AM في هذه الحالة، فإن تأثير التشويش في نظام FM يكون أقل من تأثيره في نظام AM ولكن عرض النطاق في نظام FM يكون أكبر. ولكن إذا أصبحت نسبة (S/N) قليلة فان التشويش يؤثر على الاتصال ويهبط أداء نظام FM بشكل كبير . ويمكن النقليل من هذه المشكلة بتقليل عرض النطاق BW.

ان من أمم العلاقات الأساسية المستخدمة في أنظمة الاتصالات هي تسبة الإشارة إلى الصحيح (Signal to Noise Ratio (S/N). وهي مقياس نسبي لقدرة إشارة الصحيح N والموضحة بالملاقة للرياضية الثالية:

 $S/N = P_s/P_n$

وعادة ما يعبر عن هذه النسبة بالصيغة اللوغاريتمية: $S/N = 10 \ Log\{ \ P_y/P_n\}$

ومن المقابيس التي تعامل مع الضجيج مقياس " Noise Figure NF" والذي يعطي تصور عن مدى التشويش الذائج من الجهاز ويعرف على النحو التالى:

 $NF = 10 \text{ Log} \{ (S_i/N_i)/(S_o/N_o) \}$

حيث:

S_i/N_i : تمثل نسبة قدرة إشارة المعلومات إلى إشارة التقويش عند مدخل الجهاز.

نمثل نسبة فدرة الشارة المطومات إلى الشارة التشويش عند S_0/N_0 مخرج الجهاز.

مثال1: إذا كانت فولتية الإشارة الخارجة من جهاز تساوي 1mV والضجيج تساوى 0.514 mV، فما قمة S/N عند تلك النقطة؟

تحل:

العلاقة بين القدرة والغوائية نعطى على النحو الثالي:

$$P = V^2/R$$

وتطبق هذه العلاقة على إشارة الضجيج أبضاء وبالتالي فان:

 $S/N = 10 \text{ Log } \{ P_s/P_n \}$ $= 10 \text{ Log } \{ (V_s^2/R) / (V_n^2/R) \}$ $= 10 \text{ Log } \{ V_s^2/V_n^2 \}$ $= 20 \text{ Log } \{ V_s/V_n \}$ $= 20 \text{ Log } \{ 1/0.514 \}$ = 5.78 dB

مثال2: إذا كانت نسبة S/N عند مدخل مكبر Amplifier تساوي 10، نسبة S/N عند مخرجه تساوى 5، فاحسب FN لهذا العكبر.

الحل:

بالتعويض المباشر في قانون NF نحصل على الجواب: $NF = 10 \text{ Log} \{ (S_r/N_i) / (S_r/N_0) \}$ = 10 Log { 10/5} = 10 Log(2) = 3 dB

2-4 لتشويه Distortion

يختلف التشويه عن التشويش بكون الثاني يمثل إشارة خارجية غير مطلوبة تضاف إلى إشارة المعلومات المرغوبة بشكل لا إرادي مسببة تغيير في التساعها. أما التشويه Distortion فهر تغيير غير مرغوب (تشويه) يحدث لموجة المعلومات نفسها قد يسبب اختلاف في الانساع أو التردد أو الطور أو يكون مركب من أكثر من عنصر منهم. ويحدث التشويه نتيجة مرور الإشارة بقناة الإرسال أو أي دائرة أخرى خلال عملية الاتصال بحيث تسبب تلك الدائرة التشويه غير المرغوب عند أدائها العملها (على لختلاف نوع هذا العمل).

ويقسم التشويه بشكل عام إلى قسمين (أو نوعين)، هما:

- 1. تشويه خطي Linear Distortion: وينتج من دائرة ذات علاقة خطية، أو بكلمات أخرى ذات خصائص انتقالية (تر بط بين الإشارة الخارجة منها والداخلة إليها) خطية (تدبب تغير في الاتساع أو الطور أوكلاهما ولكن لا تسبب تغير في التردد). ويقسم بدوره إلى قسمين:
- أ. تشويه نرندي Frequency Distortion : هو التغير في الاتساعات النسبية لمكونات الطيف التربدي Spectrum للمرجة المرسلة (وليس في قيمة الاتساعات النسبية لمكونات الطيف التربد للمرجة المحلة تربديا FM يساري القترانات بيساري الرام.

ب. تشويه تأخيري Delay : والذي ينتج عن النغير في وقت المتراسل أو التأخير لمكونات الطيف النزدد المختلفة أي تغير في الطور Shift

والتشويه الخطي يمكن معالجته في المستقبلة Receiver بإضافة معائل الإرسال من حيث Equalizer له خصائص التقالية تعامل تأثير فناة الإرسال من حيث الاتساع (الربح) أو الطور (وهما العاملان الذان يتأثران بالتشويه الخطي. فمثلا لو تسبب قناة الاتصال بتغيير في الاتساعات النسبية لمكونات الطيف الترددي Spectrum الممونات الطيف الترددي Edb المحادل أن يعطي ربح بقيمة Edb+ لمعادلة التغيير الحاصل. وإذا تسبب بتأخير أو فرق طور 30 درجة فطي المعادل أن يعطي فرق طور مكافئ ولكن معادل الهذه القيمة (فرق طور سالب). ويشكل علاقة علمل فان الخصائص الانتقالية العادل (غرق طور سالب). ويشكل علاقة الخصائص الانتقالية القادة الإرسال (غرة).

$$H_{eq}(f) = 1/H_{e}(f)$$

يسبب التشويه الغطي خصائص غير مثالية للانساع أو الطور أوكليهما مما قد يؤدي إلى نداخل الإشارات المتجاورة في ما بينها (تداخل كلي).

2. تتويه غير خطي Non-Linear Distortion : بنشأ هذا التثنويه عن دواتر ذات خصائص انتقالية (أو منحنى استجابة) غير خطبة، (أي أن علاقة الإشارة الخارجة من الدائرة لا تتناسب بشكل مباشر مع الإشارة الداخلة منها) فقد تحتوي الإشارة الخارجة على ترددات مختلفة عن المترددات الموجودة في الإشارة الداخلة، ومن الأمثلة على ذلك المازج المستخدم في عملية التحديل.

وبالرغم من أن تصحيح هذا التشويه أمر أكثر تعقيدا مما هو في التشويه الخطي، (لا أنه بالإمكان تصحيح جزء من التشويه الغير خطي بمعادل مكمل Complementary Equalizer.

ان تأثير عدم الخطية على الإنساعات الكبيرة كبير بينما ليس لها تأثير على الانساعات القليلة. أما تأثيرها على النردد فكما نكر سابقا أنه يسبب ظهور مكونات تزديية لم تكن موجودة في الموجة الأصلية. وان لم يكن تشويه الإشارة السبب الوحيد لظهور مكونات جديدة في الطيف الترددي الموجة المرسلة، فقد يحدث ذلك نتيجة تداخل الإشارات المنجاورة مع بعضها البعض.

3-4 تداخل التحيل Inter-modulation

تدلفل التعديل هو نوع من التشويه الغير خطي والغير مرغوب فيه الذي ينتج نتيجة مزج الإشارات في دوائر لها خصائص انتقالية غير خطية في النظام (كالمعدل Modulator). ويزداد نتيجة:

l. زيادة الحل Over Load.

2. زيادة مسترى حزمة النطاق الأساسي الداخلة إلى النظام.

4-4 الخفوت Attenuation

الخفوت Attenuation : هو انتخفاض بحدث في مستوى الإشارة نتيجة صبب لو أكثر من الأسباب التالية:

1.5

- 1. خفوت التدلخل: بسلوك الموجة المرسلة عدة مسارات سينتج عدد من الموجات ذات الأطوار Phases المختلفة. ويتداخل هذه الموجات يحدث ليضماف المستوى الموجة المستلمة عند هوائي المستقبلة. وقد تحدث عدة التكامات الموجة المرسلة لتنتج إشارة بخسارة متغيرة ويعد النظام في هذه المدالة انه يعانى من خفوت متعدد المسارات.
 - خفوت القدرة Power Fading وبحدث هذا النوع من الخفوت Power Fading في ظروف جوية غير اعتيادية وتكون شدة الخفوت أتل.
- 3. الامتصناص الجوي Atmospheric Absorption. والذي بحدث نتيجة المطار والثلج وبكون تأثيره كبير جدا في الترددات الميكروية العالية، ويكون الخفوت في الإشارة عند التردد GHz تكون اللجة نسبها، ويزداد الخفوت (المتوجين) Attenuation بازدياد التردد حتى يصبح حاد عند تردد L2 GHz.

4-5 عظل المسار المبكروي

ترسل الإثمارة من المرسلة Transmitter بقدرة عالية لغرض ضمان : وصولها بشكل واضح و"مفهوم" من قبل المستقبلة Receiver. وتتعرض الموجة بعد إرسالها في الغراخ الخارجي إلى ققد Losses، وتعتمد قيمة هذا الفقد على النريد المستخدم في الإرسال وقطر الهوائي ووفقا لقانون النقد الخارجي F.S.L (الذي تم شرحه سابقاً) يمكن حسابه على النحر التالي:

F.S.L = -10 Log[(c
$$/4\pi^{\circ}f^{\circ}D)^{2}$$
]
= -147.5 + 20 Log(f) +20Log(D) dB

وبما أن القدرة المرسلة ذات قيمة محددة ومعلومة P وفقد الفراغ ممكن حسابه، فبالتالي يمكن حساب القدرة المستقبلة P عند هواني الطرف الثاني من الملاقة:

 $G = 10 \text{ Log}[P_t/P_t]$ = - F.S.L

وهناك عوامل أخرى تزيد من الخمارة في القدرة المرسلة مثل الظروف الجوية السينة. ويجب على المرسل أن يحسب قيمة الإشارة المرسلة بحيث يكون مستوى الإشارة المستقبلة مناسب التعييز الإشارة عن التشويش المصاحب فتنجة الفقد العالى يمكن أن يكون مستوى الإشارة المستقبلة منخفض الحد الذي لا تستطيع فيه المستقبلة كشفها، وتسمى قدرة الإشارة المستقبلة التي تصنف إلى هذا المستوى بقيمة الإشارة المستقبلة على الخالة تفهم قيمة الإشارة المستقبلة على أنها صفر (غير موجودة) وبالتالي لا يتم استخلاص حزمة النطاق الأساسي من الإشارة المرسلة خلال المستقبلة، مما يسبب عطل في المسار فلا يتم الاتصال بين القنوات التليفونية (فشل في القنوات التليفونية). كما ستختفي نعمة التتبيه المصاحبة وبالتالي تقطع الكثير من المكالمات التليفونية، وبما أن غالبية الاتصالات ستؤسس ثانية وفي أن واحد تقريبا عند استكراك العطل، فمن المتوقع حدوث ضغط على الخطوط ويسبب ذلك از دحام صناعي Congestion في المقسم.

ولا يقتصر تأثير هذا العطل على القنوات التليفونية فقط، فهي تؤثر أيضا على كل من الخدمة التافرانية والتليفونية ففي الخدمة التافرانية يمكن أن يمبب هذا السطل خطأ في الطباعة أو عدم كتابة حرف أو أكثر في الكلمة (misprint).

أما بالنسبة للفنوات التليفزيونية فتسبب هذه الأعطال رؤية غير واضحة أو انقطاع الصورة وأو لفترات زمنية قصيرة. ومن الضروري معالجة هذه الأعطال بمجرد ظهورها.

4-6 خفوت المسار الميكروي

إذا كانت قيمة الإثبارة المستقيلة دون مستوى الإخماد، بنتج حالة العطل الكلي الذي نستمر الفترة زمنية قصيرة. ولكن لا يعني أن تكون قيمة الإشارة المستقبلة أعلى من مستوى الإخماد عدم ظهور الأعطال. فقد يحدث أن تكون قيمة الإشارة المستقبلة أكبر من مستوى الإخماد ولكنها في الوقت نفسه أقل من القيمة المطلوبة للإشارة في الحالة الاعتبادية (تكون إشارة خافتة). وفي هذه الحالة لا يحدث عطل كلي المسار، وإنما ينسبب ذلك في حدوث عطل جزئي يستمر افترات طويلة.

وفي حالة حدوث ذلك فان النشويش للحراري Thermal Noise يزيادة الهبوط في الإشارة. فكل هبوط بقيمة dB 1 لمصنوى الإشارة بقابله زيادة dB في النشويش الحراري، ويمكن معرفة القيمة الجديدة النشويش الحراري من القيمة السابقة وقيمة الزيادة على النحو التالى:

 $In = 10 Log[N_2/N_1]$

حبث:

In : مقدار الزيادة في التشويش الحراري والمساوية لقيمة الهبوط في الإشارة بوحدة dB.

N: فيمة (قدرة) النشويش الحراري قبل الزيادة.

N₂: قيمة (قدرة) التشويش الحراري بعد الزيادة.

ومن الخطير في نظلم متعدد القفزات (محطات الإعلاة والتقوية والمتماثلة) ان قيمة الزيادة في التشويش الحراري تتناسب طرديا وبشكل مباشر مع عدد القفزات (n):

Inan

وبالتالي تترلكم وتزيد قيمة التشويش مع كل محطة تقوية تالية، فلا بد من طريقة للنغلب على النوع من الخفوت. وإذا حدث ان كانت قيمة الفقد في المسار علاية جدا (أكثر من 6 dB وكثير) يؤدي ذلك إلى ارتفاع نمية التشويش بشكل كبير، وإن تتمكنا من استخلاص إشارة حزمة النطاق الأساسي من المحل المكسى للمستقبلة فان ذلك لن يعنع أن تكون مثقلة بالتشويش. ولا بد من ايجاد حل لهذا التشويش.

مثل1: كم مرة تكبر قيمة التشويش الحراري Thermal Noise إذا حدث خفوت للإشارة بمقدار dB 6 موزعة خلال ساعة زمنية ؟

الحل:

ان مقدار الزيادة في التشويش الحراري والمساوية نقيمة الهبوط في الإشارة وبالتالي تساوي dB 6 ، وذلك بمكن التحويض في العلاقة السابقة لحساب نسبة التكبير مباشرة:

 $In = 10 \text{ Log}[N_2/N_1]$ $6 = 10 \text{ Log}[N_2/N_1]$ $N_2/N_1 = \text{Log}^{-1}[0.6] = 4$ $N_2 = 4N_1$

أي أن خفوت الإشارة بمقدار 6 dB تسببت أي أن خفوت الإشارة بمقدار dB 6 تسببت بزيادة قيمة التشويش المحراري 4 مرات عن القيمة الحرارية الاعتبادية. مثل2: إذا كانت الزيادة في قيمة التضويش الحراري في إحدى محطات الإعادة -(التفزة) تساوي dB 6، فما نعبة الزيادة في التضويش الأربعة ففزات منتائية في ذلك النظام؟

الحل:

ان قيمة الزيادة في التشويش الحراري تتناسب طرديا وبشكل مباشر مع عدد القنزات (n):

Inan

وبالتالي إذا كانت الزيادة في قيمة التشويش للحراري في القفزة الواحدة تساوي 6 dB 6. فان الزيادة العتراكمة في 4 قفزات نساوي:

In = 4 *6 = 24 dB

وبالنالي يمكن حساب النسبة كما في المثال السابق على النحو التالي:

In = 10 Log[N₂/N₁] 24 = 10 Log[N₂/N₁] N₂/N₁ = Log⁻¹[2.4] = N₂ = 4N₁

أي أن نسبة النشويش تضاعف في الأربعة فقرات نتبجة زيادة قيمة التشويش الحراري 4 مرات عن القيمة الحراوية الاعتبادية في الفقزة الولحدة.

7-4 أعطال الأجهزة وأسبابها وطرق الكشف عنها

بماذا تفكر إذا لم كانت الدرارة مقطوعة في التليفون؟ قد تظن أن أحد الأسلاك غير موصول، فإذا لم يكن الحال كذلك قد نفكر أن الجهاز معطل، فإذا لم يكن الحال كذلك قد نفكر أن القطع من الأسلاك الرئيسية في الشارع، فإذا لم يكن الحال كذاك نقوقع أن القطع من شركة الإنصال. المقصود من كل هذا، أنك

كشفت عن حالة العطل في النظام وبدأت البحث عن السبب لإيجاد الحل الذي يتناسب مع سبب العطل.

وما نطلق عليه عطل الأجهزة نقصد به في حقيقة الأمر أي ضعف في أداء نظام الاتصال. وينتج هذا الضعف في الأداء لأسياب مختلفة، فقد تتتج عن:

ا. حالة انتشار الموجة (خفوت المسار): فقد يسبب الخفوت العالي للإشارة وهبوطها إلى مستوى الإخماد (أو أعلى منه بقابل) إلى عطل تام أو جزئي المنظام، لا بد في هذه الحالة من رفع الإشارة إلى المستوى القياسي المطلوب. أعطال الأجهزة في دائرة الإرسال أو الاستقبال بالرغم من الائتشار الجيد الموجة المرسلة.

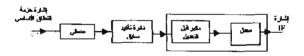
ويتم عمل صيانة دورية كل فترة لهذه الأجهزة للتأكد من أداتها بشكل سليم، وان كان من المتوقع أن يقل الأداء قبل موحد الصيانة التالى (بسبب استخدام الأجهزة بشكل مستمر لتلك الفترة).ومع أن هبوط أداء الأجهزة بكون في حدود معينة إلا أنه قد يحدث هبوط في أداء أحد أو بعض الأجهزة بشكل أكبر من تلك الحدود المتوقعة. والأجهزة المهمة غالبا ما يتم عمل صيانة دورية سنوية لها.

قد يحدث العطل في أي مرحلة منواء الإرسال أو الاستقبال. ويجب معالجة للمطل وفقا لمنيه على النحو التالي:

أ. هبوط قدرة الإشارة المرسلة بقيمة dB : المستوى القياسي المطلق الذي يجب أن ترمل به الإشارة هو من 40 dB إلى 427 لضمان استلام إشارة مستقبلة في مستوى أعلى من مستوى الإخماد بشكل ملحوظ فإذا حدث هبوط في أي مرحلة للإشارة المرسلة فان هبوط مقابل مساويا له سيحدث للإشارة المستقبلة كما أن زيادة كبيرة ستحدث في التشويش. واذلك

يجب أن تبقى قدرة الإشارة المرسلة تحت المراقبة بشكل دائم الكشف الفرري عن أي هبوط القدرة. ويتم هذه المراقبة بقراءة مستمرة القيمة الإشارة على جهاز قياس Ammeter وفي حالة قراءة في هبوط المستوى بقيمة d d B تعطى الدوائر اللاحقة نتبيه.

2. هبوط في قدرة الإشارة المستقبلة: من الممكن ان يحدث الهبوط في الإشارة المستقبلة في أي من مراحل التكبير المختلفة (سواء مرحلة التكبير الأولى RF أو مرحلة التكبير الموجة المنوسطة IF المتصاتان بمكبر الربح الألي AGC أو مرحلة التكبير لحزمة النطاق الأساسي)، كما يمكن أن يحدث الهبوط في مسترى الإشارة المستقبلة في أي مرحلة من مراحل التحديل Modulation أو التحديل المكسى Demodulation كما هو موضح في الشكل التالي:



ويتم الكشف عن العطل في هذه الحالة من خلال عملية التضبيط. الابتدائي التي تتضمن وضع المفاتيح المختلفة بحيث تعطي نغمة فحص تردد ولحد انحراف قيمته 200 KHz، وفي حال حدوث ضعف في الأداء بعد عدة أشهر من القحص فإن تساوي قيمة الإزاحة قيمة 200 KHz. فمثلا في حالة ضعف الأداء بحيث كانت القيمة 50 KHz عرضا عن 200 KHz فان مسترى حزمة النطاق الأساسي الناتجة من عملية التحييل الكسي سنكون الخل من المستوى المادي بقيمة B 21، وهو مسترى متن العكس مستكون الخل من المستوى المادي بقيمة B 21، وهو مسترى متن

غير مقبول الإثبارة. ويتم معالجة هذا الهبوط 12 dB إبواسطة تكبير الإثبارة بمكبر الربح الآلي AGC الذي يعادله بتكبير بقيمة 12 dB الأكن ذلك بكون مصاحب بتكبير التشويش بنفس القيمة (12 dB) مما يجعل منها قيمة ملحوظة في حزمة النطاق الأساسي عند مخرج المعدل العكسي. وبشكل عام فإن ضعف الأداء أو هبوط الإشارة في دوائر التعديل العكسي بؤدي إلى ظهور واضح التشويش.

3. الدمل الزائد Over Load : حالة الدمل الزائد تحدث في الأنظمة المختلفة (أي حتى في غير أنظمة الاتصالات، فازدحام السير في الشوارع لا يحدث طوال الرقت وإنما في أيام معينة وفي ساعات معينة من تلك الأيام). وفي ما ينطق بالهواتف فإن كل قناة راديوية تحمل 300 أو 960 أو 1800 قناة صوئية، وليس بالضرورة أن تعمل كل هذه القنوات في أن ولحد ولكن في تحدث فترة "ازدحام" للقنوات غالبا مرتين خلال أوقات معينة في اليوم وندوم ساعة أو التنين. وفي هذه الفنرة تعمل كل أو جميع هذه القوات (تحمل كلام أو نغملت التنبية).

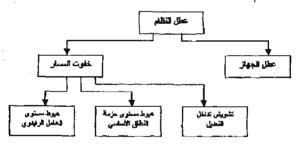
وعندما يقال أن حزمة النطاق الأساسي مشغولة كليا (Full) (Loaded فان أجهزة الميكرويف ستسهم في توعين من التشويش:

- التشويش العراري Thermal Noise: قد يزداد هذا التشويش خلال ساعات العمل الكامل Busy Period (أو الأوقات الأخرى) بشكل موثر ليس على النظام فقط وإنما أيضا على باقى الأنظمة المتصلة به.
- تشویش تدلخل التمدیل Inter- Modulation Noise : ویزداد هذا التشویش بزیادة الحمل وزیادة مستوی حزمة النطاق الأساسي الدلخلة إلى المحل.

ويتم تصميم الأجهزة بحيث تبقى قيمة هذان النوعين من التشويش ضمن الحدود المقبولة، ولكن بعد كل دورة صيانة للأجهزة (وقبل موعد الصبانة التالية) ينخفض أداءها ويزدا مستوى التشويش عن المغروض.

كثف وتحديد العطل Fault Location

لكل جزء من أجزاء النظام (سواء في العرسلة أو المستقبلة) معايير قياسية محددة يجب أن تحقق. وأن أي هبوط في الإثبارة أو ضعف في أداء النظام يؤول دون هذه المقاييس والمواصفات المعيارية. وعلى اختلاف الأعطال نفسها أو أسبابها يمكن تقسيم نوعية الأعطال في النظام وفق المخطط التالي إلى ثلاثة أقساء مستقلة:



ومن هذا المخطط بالحظ أن هذه الأجزاء المستقلة هي:

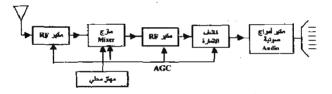
الهبوط في مستوى الإشارة الموكروية RF أو الموجة المتوسطة IF الداخلة المستوري الإشارة المركزوية Automatic Control Gain إلى مكبر IF أو ضابط الربح الآلي (AGC).

- ليبوط في مستوى حزمة النطاق الأساسي المستقبلة (الخارجة من المحدل العكسي De-Modulator).
 - 3. زيادة مستوى تشويش تدلخل التحديل في الأجهزة.

ولكل عطل بحدث في النظام توجد طريقة خاصة للتعلمل له وتحديد موقعه بالضبط وأسلوب معين لمعالجته Fixing.

1-7-4 هيوط مستوى الاضارة الراهيوية المستقبلة

أولا لا بد من توضيح المخطط الصندوقي للمرسلة لتعيين الدوائر المرتبطة بالإشارة الراديوية RF، والإشارة المتوسطة IF وأخذ صورة مبدئية عن عمل تلك الدوائر:



حيث تدخل الإشارة الراديوية إلى مكبر RF، وبعد المارج نحصل على الموجة المتوسطة التي تدخل بدورها إلى مكبر IF. ويتحكم في معموى الإشارة في هذه المراحل بواسطة ضابط الربح الآلي AGC الذي سنوضح ماهيته وطبيعة عمله التي تساهم في حل مشكلة الخفوت في مستوى الموجة المستقبلة. وضابط الربح الآلي AGC هو الدائرة (أو مجموع الدوائر) في النظام التي تحقق كسب كلى المستقبلة متغير بشكل أوثرماتيكي مع قوة الإشارة المستقبلة

لتحقيق إثمارة خارجة من النظام قوية بشكل فعلي ثابت. وتختلف دانرة AGC باختلاف نوع التحديل المستخدم في النظام (AM أو FM).

لتحديد الرضع: ما العطل؟ كيف سيتم الكشف عنه؟ كيف سيتم معالجته؟

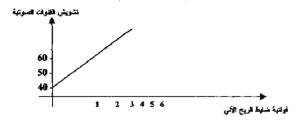
يؤدي هبوط مستوى الإشارة الراديوية RF المستقبلة بالهوائي إلى هبوط
مساو له في مستوى الموجة المتوسطة IF الداخلة إلى مكبر IF، وأي هبوط في
مستوى الإشارة يؤدي أيضا إلى ارتفاع مستوى التشويش الحراري عن القيمة
الاعتبادية. ويتم الكشف والمعالجة لهذه المشكلة بواسطة ضابط الربح الألي
AGC (المقروعة على جهاز قياس Ammeter) مع

الإثبارة المستقبلة تناسبا طرديا على النحو الثالي:

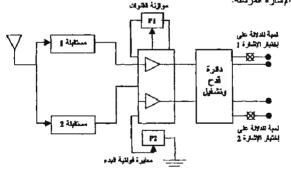
 أ. كلما ازداد مستوى الإشارة المستقبلة قل مستوى التشويش وزادت فولتية AGC بحيث نكون قراءة فولتية AGC عند أقصبي قيمة لها عندما بصل مستوى التشويش إلى أدنى مستوى له.

ب. كلما انخفض مستوى الإشارة المستقبلة ازداد مستوى التشويش وانخفضت فولتية AGC عند أدنى وانخفضت فولتية AGC عند أدنى قيمة لها عندما يصل مستوى التشويش إلى أعلى مستوى له ويعطى تنبيه لباقي النظام في حال حدوث ذلك حيث يكون مستوى الإشارة المستقبلة مساو للصفور وتستعمل فولتية AGC الدلالة على ارتفاع مستوى التشويش من BGC إلى AGC عادة.

والعلاقة بين مستوى التشويش في القنوات الصونية وفرائية ضابط الربح الآلي موضحة في الشكل التالي:



ويتم رفع مستوى الإشارة المستقبلة بما يتناسب مع الهبوط التحقيق مستوى ثابت عند المكبر، وبالإمكان استخدام الطريقة الموضحة في المخطط المستوقي Block Diagram التألي للكثيف عن الهبوط العالى المستوى الإشارة المرسلة:



حبث بتم استخدام دائرتي استقبال عوضا عن واحدة فقط، حبث بعطي الغرق بين قيمتي فولئية AGC مؤشر إلى المستقبلة ذات مستوى التشويش الأقل، حبث بوجد لكل مستقبلة مراقب لمستوى التشويش وبناء على ذلك

المستوى تتغير قيمة مقارمة الموازنة المتغيرة Potentiometer . حيث تدخل فرلتيني AGC على دائرة مكبر تفاضلي، وعندما تتساوى الاثنتين تعاير المقارمة والم التكاد من عدم وجود فولنية مختلفة على نقاط المراقبة. وتقوم دوائر المنطق لللاحقة بالدلالة على المستقبلة ذات الوضع الأقضل، أما المقارمة P2 تستعمل لمعايرة الغرق بين فولئيتي AGC (أو التشويش) بحيث ينم اختيار لجدى المستقبلتين. ويسمى الغرق بين القيمتين بفولئية العنبة أو بدأ Threshold والتي توضع عند فيمة لا تقل عن Bb 3. ومن الضروري منع الاختيار بيت المستقبلتين عندما تكونا كلاهما قربيتان من حالة العطل. بينما عندما يكون ناتج فرائية AGC تقريبا متساوي للمستقبلتين فلا يتم الاختيار بينهما وتعادلان كأنهما فريتين

4-7-4 هيوط مستوى إشارة النطاق الأسلسي

النوع الثاني من الأعطال هو هبوط مستوى إشارة للنطاق الأساسي. وأبضا هنا بجب السراقية المستسرة المستوى هذه الإثنارة للكشف عن أي عطل عند حدوثه كيف؟

ان مستوى بشارة النطاق الأسلسي نفسه بختلف باختلاف المعلومة المرسلة فلا بوجد مستوى ثابت لها كمعيار المقارنة والكشف عن الهبوط. وفي نفس الرقت إذا فرضنا إرسال إشارتين مختلفتين تماما في ظروف معينة وخلال وسط ما فان ما تعلني منه إحدى الإشارتين من هبوط في المستوى سوف تعلني منه الأخرى وبنقس النمسة. ويمكن الاستغادة من هذه الخاصية المكشف عن هبوط مستوى إثبارة المتطلق الأساسي، وذلك من خلال مزج إشارة خاصة Pilot ذلت مستوى قدرة معلوم مع الإشارة الأساسية المرسلة قبل عملية المسيلة المتعيل ومن ثم يتم إرسال الإشارتين معا وتصلان المستغبلة وتغذيان

دائرة التحديل العكسي حوث يتم فصل إشارة Pilot عن إشارة المطومات وتكبر ويتم فحص مستواها وتغذي دائرة تحذير من خلال مقاومة Pl، وان أي هبوط أو تغيير تتعرض له هذه الإشارة فمن المتوقع أن الإشارة الأصلية قد تعرضت له أيضا، وان قيمة Pl تحدد قيمة ألنني هبوط المستوى إشارة الدليل والذي عنده تبدأ دائرة التحذير بالسل، وتسمى هذه القيمة بقولتية البدأ وتتراوح غالبا بين 3 dB بلى dB م

أسئلة الوحدة لارابعة

- س]) ما المقصود بالضجيج Noise؟
- س2) ما الفرق بين النشويش Noise والنشوية Distortion؟
 - س3) ما المقصود بالتثنويش الدلظى Internal Noise ؟
- س4) ما الفرق بين التشويش الداخلي Internal والخارجي External ؟
 - س5) ما أتواع الصجيج الخارجي External Noise ؟
- مر) مكبر بعمل في حزمة الترددات الممتدة بين GHz 1 إلى 2 GHz، له
 مقاومة تساوي ΚΩ إ، ما قيمة فولتية الضجيج الدلخلة إلى المكبر إذا
 كانت درجة الحرارة المنوية 2°22 ؟
- س7) مضخم يعمل بعرض نطاق ترددي MHz 6 له مقاومة 120Ω بعمل بدرجة حرارة 24℃ وله كسب يعاوي 210 ، الإثنارة الدلخلة تعاوي 15μVms ، المعلومات الخارجة من المكبر . (أهمل الضجيج الخارجي).
- س8) مضخم يعمل بعرض نطاق ترددي MHz 6 له مقاومة 120Ω يعمل بدرجة حرارة 24℃ وله كسب بساوي 10 dB ، الإشارة الدلظة تساوي 15μV_{ms} ، جد قيمة الإشارة الضجيج وإشارة المطومات الخارجة من المكبر.(أهمل الضجيج الخارجي).
- س9) إذا كانت فوائية الإثمارة الخارجة من جهاز تسلوي 20mV والضجيج تساوي 14 mV فما قيمة S/N عند تلك النقطة؟ ما إشارة الناتج؟ على ماذا نكل هذه الإشارة؟

- س10) إذا كانت فولتية الإشارة الخارجة من جهاز بساوي 12mV والضجيج تساوي 14 mV فيما نجمة S/N عند ذلك النقطة؟ ما إشارة الناتج؟ على ماذا تكل هذه الإشارة؟
- س11) إذا كانت فولنية الإشارة الخارجة من جهاز تساوي 12mV والمضجيج تساوي 12 mV فما قيمة S/N عند ذلك النقطة؟ ما إشارة الناتج؟ على ماذا تكل هذه الإشارة؟
- س12) إذا كانت قدرة الإشارة الخارجة من جهاز تساوي 12mwatt وللضجيج تساوي 14 m watt ، فما قدمة S/N عند ناك النقطة؟ ما إشارة الذائج؟ على ماذا نتل هذه الإشارة؟
- س13) إذا كانت قدرة الإشارة الخارجة من جهاز تساوي 100 m watt وللضجيج تساوي 140 m watt عند ذلك النقطة؟ ما إشارة الناتج؟ على ماذا نتل هذه الإشارة؟
- س14) إذا كانت نسبة S/N عند منظل مكبر Amplifier نسلوي 100، نسبة S/N عند مخرجه تساوي 60 فاحسب FN لهذا المكبر.
- س15) إذا كانت نسبة S/N عند مدخل مكبر Amplifier تساوي 60، نسبة S/N عند مخرجه تساوي 100 فلصب FN لهذا المكبر.
- س16) كم مرة تكبر قيمة التشويش الحراري Thermal Noise إذا حدث خفوت للإشارة بمقدار dB 12 موزعة خلال ساعة زمنية ؟
- س17) كم مرة نكبر قيمة التشويش الحراري Thermal Noise إذا حنث خفرت للاشارة بمقدار dB ا موزعة خلال ساعة زمنية ؟
- س18) إذا كانت الزيادة في قيمة للتشويش الحراري في إحدى محطّات الإعادة (القفزة) تساوي 6 dB 6، فما نسبة الزيادة في التشويش الخمس قفزات منتالية في ذلك النظام؟

- (19) إذا كانت الزيادة في قيمة التشويش الحراري في إحدى محطات الإعادة (القفزة) تساوي 6 dB 6، فما نسبة الزيادة في التشويش المسافة 135 Km
 التفوية كل 45 Km في نلك النظام؟
- س20) عندما تكون حرمة النطاق الأساسي مشغولة كليا (Full Loaded) فان لجهزة الميكرويف ستسهم في نوعين من التشويش، ما هما؟
 - س 21) ما الخفرت؟ وما أسبابه؟
 - س22) ما المقصود بالحمل الزائد ومنى يحدث ولماذا؟
 - س23) ما المقصود بضابط الربح الآلي AGC ؟
- مر24) ما الذي يحدث في حالة ضعف الأداء بحيث كانت قيمة انحراف التردد. 50 KHz عوضا عن القيمة القياسية 200 KHz ؟
 - س25) ما المقصود بمستوى الإخماد؟
 - س) ما تأثير هبوط مستوى الإشارة المستقبلة دون مستوى الإخماد في كل من
 الإنظمة التالية:
 - أ. شبكة الهوائف.
 - القنوات التليفزيونية.
 - 3. الإشارات التلغرافية.
 - س26) ما قيمة المستوى القياسي المطلق الذي يجب أن تكن عليه الإثمارة المرسلة ؟
 - س27) ماذا يسمى العطل الناتج (كلى أم جزئي) عن استقبال إشارة:
 - أ. مستواها دون مستوى الأخماد.
 - ب. مستواها أعلى بقليل فقط من مستوى الإخماد.
 - س28) كيف يصنف العظل في السؤال السابق (الصدير أم طويل الأمد)؟

- س29) ما الأجزاء المستقلة التي تسبب أعطال النظام؟
- س30) ما العطل النامج عن هيوط الإشارة الراديوية المستقبلة ؟ وعلى ماذا يؤثر ؟
 - س31) ما هو ضابط الربح الألى AGC
 - س32) ما العلاقة بين فواتبة AGC ومستوى الإثنارة الراديوية المستقبلة؟
 - س33) ما العلاقة بين فولتية AGC ومستوى التشويش؟
- س34) في ما تستخدم المقاومتين المتغيرتين PI و P2 في عملية الكشف عن هبوط الإثمارة الرانيوية المستقبلة؟
 - س35) ما الغرض من استخدام مستقبلتين عوضا عن واحدة؟
 - س36) كيف يتم الكشف عن الهبوط في مستوى إشارة النطاق الأساسي؟
 - س37) ما هي إشارة Pilot ؟

الوحدة الخامسة



الوحدة الخامسة

العماية النظامية وأجهزتها

1-5 أسس الحملية التظامية 1-5

ليس المقصود بحماية الأنظمة حفظها من الأعطال التي قد تحدث لهاء. فحدوث هذه الأعطال أمر لا يمكن التحكم به. ولكن المقصود بحماية الأنظمة. كشف واستدراك العطل الحاصل، والعمل على استمرار وصول إشارة النطاق الأماسي سواء على نفس القناة الصوتية أو على فناة احتياطية.

وتتباين أسس الحماية النظامية من حيث الطريقة المتبعة الكشف عن العطل ومن حيث عدد القنوات الاحتباطية المتوفرة للعمل (أجهزة الحماية المفردة وأجهزة الحماية المتعدة) في حال حدوث العطل (أو الهبوط في الأداء) وغير ذلك.

2-5 أجهزة الحماية المفردة وأجهزة الاحتياط

من تسميتها "الحماية المفردة" نستتج عدد الفوات الحماية المستخدمة في حال عمل في النظام. حيث تستعمل أفاة حماية واحدة (مفردة) على النحو الثالى:

- أ. تحميل حزمة النطاق الأساسي: وتحمل على القناة الاحتياطية في
 حالة العطل في إحدى القنوات النظامية.
- ب. تحميل نضمة الدليل Pilot : ويتم ذلك في حالة العمل الاعتيادية (لا يوجد عطل في النظام).

ونظام أجهزة العماية المفردة يستمعل طرق مختلفة من التباين، أي المقارنة بين أكثر من إشارة مستقبلة لتحديد الأعطال (أن وجدت) ونقييم الإشارات حسب مستواها وانتقاء الأقضال منها. ومن طرق التباين المستخدمة مع أنظمة الحماية المفردة:

- [. أجهزة الإحتباط.
 - 2. تناين التردد.
- 3. التباين الغراغي.
- 4. التباين بواسطة الجمع.

وبالرغم من الاختلاقات بين هذه الطرق إلا أنها تشترك بخاصية واحدة، وهي إرسال حزمة نطاق أساسي واحدة باستعمال مجموعتين متماثلتين من الأجهزة.

واستخدام أجهزة احتياطية واحدة من طرق التباين المستخدمة. فقد مر في موضوع سابق أن نكل قناة راديوية عدد من القنوات الصوتية العاملة وعدد من القنوات الاحتياطية، ويتراوح عدد قنوات المحماية بين فناة واثنتين (على حسب عرض الحزمة وعدد القنوات العاملة).

وبتم استخدام فنوات الحماية هذه إما تحمل نغمة Pilot التي سبق شرحها، أو عند حدوث عملل في أحد القنوات العاملة الأساسية يتم حمل حزمة النطاق الأساسي منها إلى قناة الحماية.

3-5 التباين التريدي Frequency Diversity

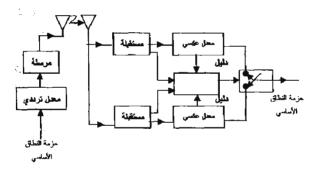
يتم تعديل حزمة النطاق الأساسي من خلال معدلين التبين عوضا عن واحد فقط، حيث تعمل الموجة الأساسية على موجئين حاملتين لكل منهما تردد يختلف عن الأخرى. وعند الطرف الآخر من النظام بدّم استقبال الإشارتين

الرابيوتين الحاملتين لنفس المعلومات، وإجراء عملية التحيل العكسي لمهما الاستخلاص الإشارة المحمولة. ويتم المقارنة بين مستوى الإشارتين لتحديد الإشارة ذات المستوى الأعلى.

ففي هذا النوع من التباين تستخدم حزمة نطاق أساسي ولعدة ترسل باستعمال مجموعتين من الأجهزة المتماثلة التي تعمل على ترددين مختلفين.

5-4 النباين الفراغي Space Diversity

ويسمى أيضا بثباين الأجهزة، والمخطط الصندوقي العام لأنظمة التباين الغراغي موضح في الشكل التالي:



وكما هو واضح من المخطط، فان هذا النظام يستخدم مستقبلتين مستقلتين يفصل بيتهما مسافة معينة (واذلك تسمى هذه الطريفة بتباين الأجهزة أيضا)، ولكل مستقبلة هوائي خاص بها من نفس نوع وحجم ومواصفات وتصميم هوائي المستقبلة الثانية، وقد يوضع إحدى الهرائيين على ارتفاع مختلف عن ارتفاع الهوائي الآخر. وكما ذكر سابقا فان محصلة الإندارات عند الهوائي (الإندارة المباشرة والإندارة المنعكسة) يغير بتغير ارتفاع الهوائي أو بعدها عن المرسل. وبالنالي فان مستوى الإندارة المستقبلة بإحدى الهوائيين يختلف عن مستوى الإندارة المستقبلة بالهوائي الآخر، وتنخل كل بشارة إلى محل عكسي منفصل ثم تقارن الإندارتين الناتجتين من خلال مقارنة إشارة الدليل المرافقة لكل واحدة (فكما سبق ذكره ان الهبوط في مستوى إنسارة الدليل Pilot يسطى انطباع عن الهبوط في مستوى إنسارة الدليل.

- إذا كان مستوى إحدى الإشارئين منخفض جدا عن الأخرى يتم انتقاء الإشارة الأقوى.
- إذا كان معتوى الإشارتين متقارب يتم جمعهما معا للحصول على موجة أقوى.

لن كلنا الإشارتين مرسلتين على نفس التردد، مما يعطي ميزة لمطريقة المتباين الفراغي خاصة مع شدة الطلب على الترددات. كما أن معايرة أرتفاع الهوائيان يعطي ومبيلة التعويض عن الاختلاف في المسارين (المباشر والمنعكس).

ان المسافة الذي نفصل بين الهوانيين ابست عشوائية وإنما يجب حسابها التحقيق الوضع الأمثل لطريقة التباين الفراغي، وينحقق هذا الوضع المثالي يوضع الهوانيين بفاصل يماوي:

 $S = 3 \lambda R/D$

حيث:

S : المسافة الفاصلة بين الهو أنبين بوحدة المثر .

R: قطر الأرض القعال بوحدة المثر.

لأ: طول الموجة بوحدة المثر،

D: قطر الهوائي المستخدم بوحدة المتر.

وعلاة ما تعد مسافة ٨ 200 مسافة مقدمة، والهدف من نظام التباين الغراغي هو جعل الفاصل بين هوائيات التباين بحيث تنتشر الموجة المنعكسة مسافة أطول من المسار العادي لها. وعادة ما تستعمل طريقة التباين الغراغي مع أنظمة الاتصالات الثابتة غير المتعركة، وهذا أمر منطقي حيث يتم حساب المسافة بين هوائيي المستغبلتين وتثبيتهم بناء على ذلك.

ويمكن تلخيص مميزات نظام التباين الفراغي بالنقاط الثالية:

- لا حاجة لاستخدام نريدات عدة .
- 2. تعتمد الفعالية على المسافة بين الهوائيين.
- الخفوت المتعدد أن يحدث بشكل منز امن في الهوائيين، وإشارة قوية بشكل
 كافى سوف بنتج عن إحدى المستقبلتين.
- استعمال هوانيين على ارتفاعات مختلفة يعطي وسيلة التعويض عن التغير في المسار الكهربائي بين المسارين المباشر والمنعكس بتقضيل الإشارة الأقوى.
- مثل 1: ما المسافة الفاصلة بين هوائيي نظام النباين الغراغي الذي يستخدم تردد إرسال يساوي 3 GHz ؟

الحل:

أو لا يجب حساب الطول الموجى للإشارة حسب العلاقة:

$$=3*10^8/3*10^9=0.1m$$

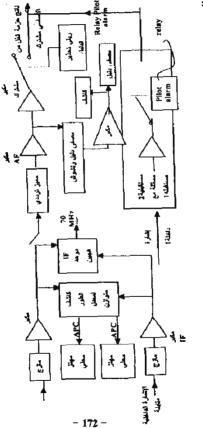
وحيث غالبا ما تعد مسافة ٨ 200 مسافة مقنعة، فقيمتها تساوى:

$$S = 200 \lambda$$

5-5 التيان بواسطة المجمع Combiner Diversity

الشكل النالي يوضح المخطط الصندوقي الكامل لنظلم النباين بواسطة

المجمع:



وكما هو واضح في المخطط الصندولي، ففي هذا النظام أيضا توجد أن مستقبلتين (أو أكثر) عوضا عن مستقبلة واحدة ومبدأ عمل هذا النظام يرتكز على استقبال إشارتين متباينتين (أو أكثر) وجمعهم بالصيفة التي تضمن الحصول منهم على موجة أقوى (بالتقليل أو التخلص من فرق الطور بين الإشارتين فيل جمعهما)، وفي حالة ضعف إشارة بشكل كبير عن الأحرى يتم الإشارة الأكثري.

واستندا إلى مرحلة الجمع في دائرة الاستقبال يتم تصنيف التباين. واسطة المجمع غالبا إلى صنفين،هما:

- أ. الكشف الأولى Pre-Detection : كما هو موضح في المخطط المستدوقي، يتم التقاط الإشارة بأكثر من دائرة استقبال ومن ثم مزجها بإشارة المهتز لتحويلها إلى تردد أدني (الموجة المترمطة) وبعد ذلك تكبيرها بمكبر IF. يتم التحكم بالطور بواسطة Automatic Phase (APC). وفي مرحلة الكشف الأولى يتم جمع الإشارات في مرحلة الأمراج المترسطة IF المحصول على قوية.
- ب. الكشف المتأخر Post- Detection : تعدل الموجة المتوسطة تعديل عكسي لاستخلاص وفصل إشارتي الدايل وحزمة النطاق الأساسي. وفي الكشف المتأخر جمع الإشارتين في مرحلة حزمة النطاق الأساسي.

وبَوجد أنواع عدة من المجمعات المستخدمة في أنظمة يُعاس القنوات الراديوية، هي:

- 1. التجميع الاختياري.
- 2. مجمع الربح المنساوي.
- 3. مجمع النسبة العظمى.

5-6 أجهزة الصلبة المتعدة

ما يحدث فى أنظمة للحماية المفردة هو إرسال حزمة نطاق أساسي واحدة فقط على تردد واحد أو ترددين باستخدام مجموعتين متماثلتين من الأجهزة يتم استرداد هذه الحزمة بأي من طرق التباين السابق ذكرها.

لما في أنظمة الحماية المتعدة ضا يحدث هو إرسال أكثر من حزمة نطاق أساسي واحدة (حزمة نطاق أساسي التلبقون وأخرى التلفزيون)، والابد من توفر قناة حماية العمل (نقل حزمة النطاق الأساسي) في حال عطل الفناة التليفونية أو التلفزيونية، وفي هذه الحالة تكون قناة الحماية مشتركة نكلتا القناتين في حال حدوث عطل أو هبوط في مستوى الأداء لأي منهما.

لقد تم شرح توزيع الحزم الترددية واستخداماتها في وحدة سابقة، بحيث تستخدم كل حزمة ترددية لغرض أو أغراض معينة من التراسل. وتقسم الحزمة الترددية إلى عدد من القنوات الرادبوية العاملة التي تحمل بدورها عدد من القنوات الصوتية، ويخصص عدد من قنوات الحملية لكل حزمة ترددية (قناة أو قناتين للحماية لكل حزمة)، حيث تحويل القناة إلى إحدى قنوات الحماية في حال حدوث عطل أو هبوط في أداء أي من القنوات العاملة الأساسية وهذا يؤدي إلى تتوفير في الترددات المستخدمة.

وليس من الضروري ان تكون عدد قنوات الحماية مساوية لعدد القنوات العماية مساوية لعدد القنوات العماية، فمن غير الطبيعي أو المتوقع أن تتعطل 8 أو 10 قنوات عاملة في نفس الوقت، ولذلك فإن قناة أو قنائي حماية تكون كافية المدد من القنوات العاملة. فعندما نريد الاحتفاظ بأجهزة هوانف احتياطية لشركة فلا حاجة العدد مساوي من الهوانف العاملة ، وإنما جهاز أو فتين احتياطيين سيفيان بالفرض باستبدال أي جهاز يتعرض لعطل ما.

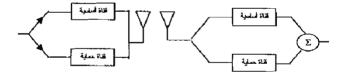
ان توزيع الحزم الترددية لأنظمة التليفون والتلقزيون (وغيرها) تم سرده في مواضيع سابقة، والحزم التالية تؤخذ كتوضيح للاستعمالات النموذجية فقط:

| ĺ | عد فرت الماية | عد القوات العاملة | عد القوات الركبوية | مدى الترىدات |
|---|---------------|-------------------|--------------------|--------------|
| ı | 1 | 5 | 6 | 3.7-4.2 GHz |
| ı | 2 | 6 | 8 | 5.9-6.4 GHz |
| | 2 | 6 | 8 | 6.4-7.1 GHZ |

يلاحظ من الجدول أن عدد قنوات الحماية يتراوح بين قناة واحدة وقنائين بما ينتاسب مع عدد التنوات العاملة.

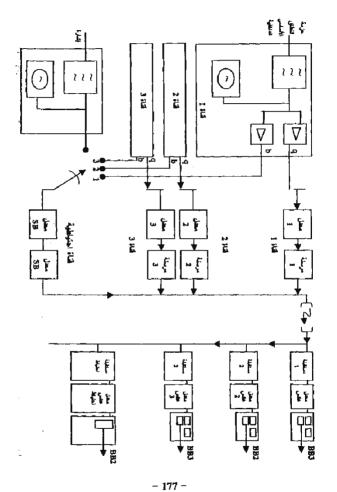
7-5 الإتصالات بين الأطراف Between Terminals

عند التمامل مع قناة عاملة ولحدة تحمل حزمة النطاق الأساسي، فوجود قناة حماية لها لا يستدعى وجود مفتاح تحويل (غلق وفتح) ، فالشكل التالمي يوضح أسلوب الربط بين القناة الأساسية وقناة الحماية:



في المستقبلة يتم تحديل الإنسارة وانشطارها "ان جاز التعبير" وربط لحد الناتجين مع القناة الأساسية العاملة والتائج الأخر مع القناة الاحتياطية. فحجز فناة الحماية لا يشكل أي مشكلة يحدث لا يوجد تفاة حزمة نطاق أساسي لخرى تشارك بها. وذات الفكرة تتطبق على الطرف الثاني من نظام الاتصال ،أي جهة المستقبل حيث توصل الموجة المستقبلة إلى قفاة للحماية والقناة الأسلمية.

أما بما يختص بالقنوات الراديوية ذات قناة الحملية (أو قناتي الحملية) المسئين أي إشارة المسئركة، فلا بد من استخدام دائرة فتح وإغلاق Switch، لتمكين أي إشارة مرسلة (أو مستقبلة) على إحدى القنوات العاملة من تحويلها إلى قناة الحماية في حال حدوث عطل أو هبوط في أداء القناة، والشكل التالي يوضح المخطط الصندوقي الملوب عمل قناة حماية مشتركة لعدد من القنوات العاملة:



حيث يوضح الشكل كيفية الربط بين ثلاث قنوات عاملة وقناة حماية مشتركة. ففي الجزء الخاص بالإرسال فكل موجة حزمة نطاق أساسي تعزج مع القناة Pilot وتعدل، ثم نتفرع إلى فرعين أحدهما يوصل مباشرة مع القناة العلملة الرئيسية، والأخرى على مفتاح تحويل (Transmitter Switch (TS) الأعلقة الإحتياطية في حالة الأي عمل على ربط أي من القنوات العاملة إلى القناة الإحتياطية في حالة الأعطال.

وعلى الطرف الثاني (المستقبلة)، تتم نفس الإجراءات السلبقة، حيث توصل الإشارة المستقبلة بعد انشطارها إلى نقطتين، الأولى تمثل القناة العاملة الرئيسية، والثانية عبارة عن مفتاح تحويل (Receiver Switch (RS)الذي عمل على ربط أي من القنوات العاملة إلى القناة الاحتياطية في حالة الأعطال.

وفي حال استعمال قناة احتياطية واحدة فهذا يعني إسكانية تدويل إشارة نطاق أساسي واحدة فقط عند حدوث عطل في القناة الرئيسية، فإذا ما حدث تعطلين في قنائين رئيسيتين في نفس الوقت فلا يمكن تدارك العطل الثاني منهما. أما بوجود قناتي حماية فيمكن تدارك تعطلين (لا أكثر).

كما أن مفتاحي التحويل (المرسلة والمستقبلة) يعملان بشكل متزلمن لخدمة نفس القناة وفي نفس الوقت في الإرسال والاستقبال وعند حدوث عطل لا بد من عمل الصيانة الفورية المعالجة اللازمة لعودة القناة الأساسية المعالب بأسرع وقت ممكن.

8-5 أنواع الاتصالات البينية في الأطراف

ان أنواع الاتصالات البينية النظام توصف بالرجوع له وبيان عدد قنوات العاملة وعد قنوات الحماية فيه. وكما تم ذكره سابقا ففي أنظمة الحماية المتعدة حيث بوجد عدد محدد من قنوات الحماية فان تحويل أي من إشارات حزمة النظاق الأساسي إلى إحدى القنوات الاحتياطية أمر ينطلب توفر عبد من المطومات، هي:

- 1. عطل القناة الأساسية.
- 2. هبوط مستوى أداء القناة الأساسية.
 - 3. عمل القناة بشكل عادي.

وبالنالي يكون عند المعلومات الولجب توفر ها عن كل قناة عاملة بساوي ثلاث معلومات، فيكون الحدد الكلي للمعلومات التي نحتاج لليها يسلوي:

عدد المعلومات = عدد القنوات العاملة في النظام * 3

هذا ما يتعلق بالمطومات الولجب توفرها عن القنولت العاملة في النظام، ومن جهة أخرى يجب توفر معلومات منعلقة بقنولت الحماية في النظام، ففي حالة تأكد حدوث عطل في إحدى القنولت العاملة لا بد من توفر معلومة عن كل قناة حماية إذا كانت شاغرة لم حاملة الإشارة نطاق أساسي القناة لخرى عاطلة.

فمثلاً، في نظام ذو 6 قنولت عاملة وقنائين حماية A و B، فان المعلومات الخاصة بالفنولت العاملة الولجب توفرها وفقا المعلقة السابقة يساوي- 6* 3- 18 معلومة.

ولكن لا يمثل هذا العدد كل المعلومات اللازمة، فقعلها أو حدث عطل مثلا في القناة العاملة الخامسة فلا يمكن تحويل حزمة النطاق الأساسي النابعة لها على قناة الحماية A دون التأكد من أنها شاغرة فان كانت كذلك يتم تحويل الإثمارة (بواسطة محولات الفتح والغلق السابق ذكرها) وإلا يتم التحويل إلى القناة الإحتياطية B (أيضا بعد التأكد أنها شاغرة).

و هذا يجعل المطومات المطاوية يساوي - 18* 2= 36 مطومة.

أو كدلاقة فإن عدد المعلومات الكلي = عدد القنوات العاملة في النظام *
 ٤ * عدد قنوات الحماية.

هذا العدد سليم من الناحية النظرية، أما عمليا فان المعلومات المطلوبة التي نحتاج إليها يكون أكثر من ذلك ويختلف باختلاف النظام المستخدم.

مثال1: ما عدد المطومات التي يجب توفيرها عن نظام مكون من 8 فنوات عاملة وفنائي حماية لمتباطبتين؟

الحل:

لكل قناة حماية يكون عند المعلومات:

عدد المعلومات - عدد القنوات العلملة في النظام * 3

= 8 * 3 = 24 مطومة.

وبالتألى لقناتي الحماية يكون العدد الكلي المطلوب من المطومات بماوي:

عدد المعلومات الكلي = عدد القنوات العاملة في النظام * 3 * عدد فنوات الحماية

- 24 * 2 - 48 معلومة.

مثال2: ما عدد المعلومات التي يجب توفيرها عن نظلم مكون من 6 قنوات علملة وقناة حماية واحدة؟

الحل:

لكل قناة حماية يكون عدد المعلومات:

عدد المعاومات = عدد العَنوات العاملة في النظام * 3

= 6 * 3 = 18 مطومة.

وبالتالي لقاتي الحماية يكون العدد الكلي المطلوب من المعلومات يماوي:

عدد المعلومات الكلي = عدد القنوات العاملة في النظام * 3 * عدد قنوات الحماية

= 18 * 1 = 18 معلومة.

. .

أسئلة الوحدة الخامسة

س1) ما المقصود بأنظمة الحماية؟

س2) ما الفرق بين أنظمة الحماية المفردة أنظمة الحماية المتعددة؟

س3) كم يبلغ عدد قنرات الحماية للأنظمة المختلفة؟

س4) ما الإشارتين للمحملتين على قناة الحماية المفردة؟

س5) ما طرق النباين المستخدمة مع أنظمة الحماية المغردة؟

س6) كيف بثم إرسال إثبارة Pilot؟

س7) كيف تعمل أنظمة التباين التريدي؟

س8) لرسم المخطط الصندوقي النظمة النباين الفراغي.

س 9) كيف تعمل أنظمة التياين الفراغي؟

س10) ما الذي يحدث في أنظمة النباين الفراغي إذا كانت:

الإشارنين متقاربتين.

2. لحدى الإشارئين تعانى هبوط في المستوى بشكل كبير.

س11) كم عدد التريدات المستخدمة في :

أنظمة التباين الفراغي.

2. أنظمة النباين النزيدي.

س12) ما هي مميزات نظام النباين الغراغي؟

س13) ما المسافة الفاصلة بين هوانيي نظام التباين الفراغي الذي يستخدم تردد إرسال يساوي GHz ؟

- س14) ما المسافة الفاصلة بين هواتيي نظام التبلين الفراغي الذي يستخدم نردد لرسال بساوي 1 GHz ؟
 - س15) ارسم المخطط الصندوقي الكامل لنظام التباين بواسطة المجمع.
- ستادا إلى مرحلة الجمع في دائرة الاستقبال بيتم تصنيف التباين
 بواسطة المجمع غالبا إلى صنفين، ما هما؟
 - در 17) ما وظيفة (APC) Automatic Phase Control (APC)
 - س18) في أي مرحلة يتم:
 - 1. لكشف الأولى Pre-Detection
 - 2. الكثف المتأخر Post- Detection.
 - س19) ما أنواع المجمعات المستخدمة في أنظمة فياس القنوات الراديوية ؟
- س20) ارسم المخطط الذي يبين كيفية الربط بين القنوات العاملة والاحتياطية من خلال مفاتيح الفتح والإغلاق في كل من المرسلة والمستقبلة.
- ما الإجراءات الذي يجب أن تنفذ عند حدوث عطل في أحد القوات العاملة المشتركة مع عدد من القوات الأخرى بقنائي حماية؟
- س22) ماذا يحدث عند حدوث عطل ثاني في نظام حماية متعدة بستعمل تفاة حماية ولحدة؟
- س23) ما عدد المعلومات التي يجب توفيرها عن نظام مكون من 12 قناة عاملة وفناتي حماية احتياطيتين؟
- مر 24) ما عدد المعلومات التي يجب توفيرها عن نظام مكون من 8 قنوات عاملة وقناة حماية واحدة؟
- مر25) ان تعويل أي من إثبارات حزمة النطاق الأساسي إلى إحدى القنوات الاحتياطية أمر ينطلب توفر عدد من المعلومات، ما هي؟

س26) عدد المعلومات الكلي = عدد القنوات العاملة في النظام * 3 * عدد قنوات العماية.

هل هذا المند بمثل العند الفطى الواجب توفره من الناحية العماية؟

الوحدة السادسة



 $t_1 = t_2$

الوحدة السلاسة

تقنيات وخصائص أنظمة الميكرويف الرقمية

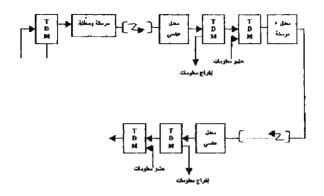
6-1 تشكيلات أنظمة الميكرويف الرقمية

Digital Micro Waves Systems

المسار الميكروي الرقمي ذو طول 2500 km يتكون من 9 الطراف (محطات) ميكروية مربوطة خلال 9 مصغوفات من أجهزة التبصيع الرقمي (CCIR Time Division Multiplexing(TDM). وتكون أجهزة التجميع الرقمية من درجات عليا. وفي الأنظمة الرقمية تكون البيانات عبارة عن نبضات (0,1)، ويكون معدل سيل البيانات 46 Kbit/sec ويتم في كل مرحلة من مراحل التجميع الرقمي المتقال المجال بيانات، حيث تقوم المستقبلة بالتعديل العكمي والتقوية البيانات ومن ثم تحويلها إلى أجهزة الإرسال. وعند ناتج مجدد الإشارة Re-Generator يمكن لن يم أخذ معلومات أو إدراج (حشو) معلومات جديدة إلى النظام، كما يمكن ربط سيل كل أجزاء المعطيات المجمعة تقاطعيا مع المحل النظام، كما يمكن ربط نوج د ضرورة اوجود أجهزة المحلق.

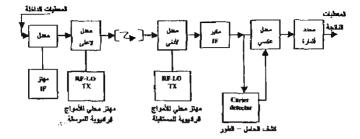
في المستقبلات والمرسلات الرقمية تحدث عمليتي التحيل والتحيل المحمل المحمدي لما عند التردد الميكروي بشكل مباشر (في أنظمة التحدل المباشر) لو عند الترددات المتوسطة IF (في الأنظمة الهيترودينية).

والشكل التالي يوضح المخطط الصندوقي لمسار راديوي رقمي مغرض:



2-6 النظام الهيتروييني Heterodyne System

ان الصفة الأساسية الأنظمة الهيئرودينية الرقعية (وحتى غير الرقعية) ان عملية التعديل التي تتم في المستقبلة لا تتفذ على حزمة النطاق الأساسي مباشرة وإنما على الإشارة الرقعية ذات النزدد المنوسط IF، وبالتالي يتم رفع نزدد حزمة النطاق الأساسي إلى نزدد أعلى بواسطة المازج ومواد النزددات IF، ثم يتم مزج الإشارة الرقعية الناتجة باستخدام مواد الترددات الميكروية RF، والشكل التالي بوضح المخطط الصندوقي للأنظمة الرقعية الهيئرودينية:

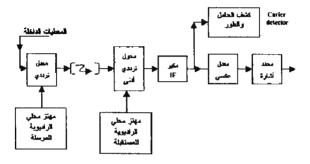


ويتضح من المخطط المستدوقي Block Diagram أن ما يحدث في المستقبلات هو عكس الخطوات التي تم تتغيذها في المرسلات. حيث يتم في المستقبلات هو عكس الخطوات التي تم تتغيذها في المرسلات. حيث يتم في المرحلة الأولى تحويل الموجة المبكروية إلى تردد أدنى (انتزيد المتوسط IF) وتكبير الموجة الناتجة قبل إجراء التحديل العكسي لها المحصول على الموجة الأصلية ذات التريد المنخفض. وغالبا ما يستعمل نوع التعديل العكسي المترابط مواد تردد مسلو تماما للتردد المحلمل المستخدم في عملية التحديل في المرسلة، مواد تردد مسلو تماما للتردد المحلمل المستخدم في عملية التحديل في المرسلة، وبالإضافة إلى ضرورة تطابق التردد في المحلل العكسي مع التردد الحامل الموجة فلا بد من تطابق الطور أيضا. وأخيرا فان الإشارة المحدلة عكسيا يتم إعلادة تخزينها في مجدد الإشارة بشكلها الأساسي.

3-6 نظام التحيل المباشر Direct Modulation Systems

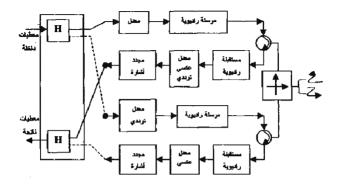
على خلاف الأنظمة الهيترودينية فان أنظمة التحديل العباشر لا يتم رفع تردد حزمة النطاق الأساسي في المرسلة إلى تردد أعلى (التردد المتوسطIF) وإنما يتم تعديل موجة حزمة النطاق الأساسي مباشرة وترسل الموجة الميكروية. وفي المستقبلة يخفض النردد الميكروي إلى نردد أدنى (النردد المتوسط IF) في مرحلة أولى، ثم تعدل الشارة الناتجة عكسيا الاسترجاع حزمة النطاق الأساسي والتي تخزن في مجدد الإشارة.

الشكل الثالي يوضح المخطط الصندوقي Block Diagram للأنظمة الرقمية ذلك مرسلات التحيل العياشر:



6-4 فظمة الحملية الاحتياطية

لرفع مستوى الكفاءة والاعتمادية النظام الرقمي فلا بد من توفير فتوات المتعادية المتعادية المتعادية المتعادية والشكل المتابلية المعمل في حال حدوث أعطال في القنوات الأساسية. والشكل التالمي يوضح نظام تباين وفتح وغلق المحطة نموذجية (افناة عاملة عدد | وقناة حماية عدد |):



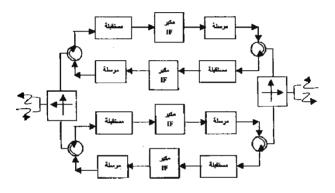
حيث تقوم وحدة الهجين ذات الاعتمادية العالية Hybrid بشطر إشارة المعلومات إلى وحدثين متماثلتين، حيث نوجه الأولى (بالخط الموصول) إلى القناة الرئيمية بينما نوجه الثانية (بالخط المتقطم) إلى القناة الاحتباطية. حيث تحتوي كل قناة من الاثنتين من المعدل (محدل منفصل لكل قناة).

وتعمل الدوارات على توجيه الإشارات المرسلة إلى الهوائي وحجزها عن دائرة الاستقبال، و في الوقت نضه تعمل الدوارات على توجيه الإشارة المستقبلة من الهوائي إلى دائرة الاستقبال دون دائرة الإرسال.

وتربط الإشارات الراديوية الناتجة من الدوارات بمصفيات متقاطعة قطبيا والتي تعطي الإشارات ذات التباين الموحد الاستقطاب.

ويتكون المستقبل من الأجزاء السابق ذكرها وشرحها (المخفض التردد المتوسطة IF والمعدل العكسي ومجدد الإثبارة). ومعظم الأنظمة الرقعية الميكروية تستعمل المعيدات المجددة للإثبارة (وهي المعيدات التي تمر فيها الإشارة خلال عملية التعديل والتعديل العكسي بمجدد اللإشارة) والذي تعد ملائمة للتوافق مع لجهزة TDM لحشو ولخذ المعطيات في ما بعد.

أما المحطات المعبدة الموجة غير المجددة فتحل مع الأجهزة الهيئرودينية كما هو موضح في الشكل التالي:



وتمكاز المعيدات غير المجددة عن المعيدات المجددة بكونها أبسط في تركيبها وبالتالي فهي أقل تكلفة، ولكن بسبب عدم تجديد الإشارة فيها فان تشويهها والتشويش المصاحب لها يتراكم من محطة إلى أخرى.

كما توجد أنظمة رقمية تتألف من قناة احتياطية عدد 1 وقنوات عاملة عدد N تعمل بنظام التباين الترددي والتبلين الغراغي (السابق وصفهم)، وعادة تستعمل أنظمة الحماية والتبلين (N+1) مع عدد كبير من القنوات الراديوية عبر مسار تراسل ولحد.

5-6 كبيب النظام System Gain

يمثل كسب النظام مقياس لأداء للنظام، ونعطى الصورة العلمة عن أبسط تصميم له بناء على المنفيرات التي تربط بينها. وتبين للغرق بين قدرة الإشارة المرسلة وبدء حساسية المستقبلة للإشارة لمعدل خطأ جزئي.

لن عدد من النبضات (bits) تشفر في الإشارة المرسلة، ولن معامل أكثر أهمية من قدرة الحامل له أهمية هو الطاقة لكل نبضة (Energy per Bit : En) . حدث:

$$E_b = P_t T_b$$

وبمثل:

طلقة النبضة المفردة (جول لكل نبضة Joul/Bit). E_b

P₁ :القدرة الكلية للإشارة الحاملة (Watt).

T_b : زمن النبضة المفردة (sec).

وشدة النشويش لها العلاقة التالية:

 $N_o = N/B = K/T_c$

ويمكن بالتالي ليجاد النسبة بين طاقة النبضة إلى شدة التشويش Energy of Bit to Noise Density على النحو التالي:

 $E_b/N_0 = (P_c/F_b)/(N/B) = P_cB/NF_b$

حيث:

.watt/Hz شدة النشويش N_o

N: قدرة النشويش الكلية watt.

B: عرض النطاق Hz.

K: ئابت بولئزمان 'J/K':

T: درجة الحرارة المكافئة النشويش K°.

-Hz معدل النبضات ويساوي $-1/\Gamma_b$ بوحدة: $-F_b$

مثال1: لنظام له عرض نطاق MHz 10 وقدرة تتنويش كلية 90.0276 م حدد قيمة شدة الضجيج ودرجة الحرارة المكافئة للنشويش.

الحار:

بالتعويض المباشر في العلاقة أعلاه نحصل على:

 $N_o = N/B$

 $= 276 * 10^{-16} / 10 * 10^{6}$

 $= 276*10^{-23}$ watt/Hz

وبالتالي يمكن حساب درجة الحرارة المكافئة للتشويش على النحو التالي:

> $T_e = N_o/K$ =276 *10⁻²³/f.38*10⁻²³ = 200 K°

مستلزمات نطاق الخفوت لإعتمادية نظام محدة

ان معلالة الاعتمادية البارنيه فيجانات نقرر أقصى نطاق خفوت يسمح به لاعتمادية نظام سنوية، والمعادلة التالية تعطى الحل لنظام غير محمى وغير متباين:

FM = 30 Log(d) + 10 Log(6A*B*F) - 10 Log(1-R)-70

(1-R) : تمثل الاعتمادية الموضوعية لمسار طوله 400 Km

A: معامل الخشونة للأسطح، وتأخذ القيم التالية:

4 : للأراضي الملساء وسطح الماء.

الأراضي متوسطة الخشونة.

0.25 : للأراضى الخشنة والجبال.

 B : معامل لتحويل الاعتمادية البيئية الشهرية لمنوية، وتأخذ القيم للتائدة:

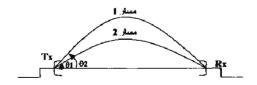
0.5 : للبحيرات الكبيرة أو المسلحات المشابهة الرطبة

0.25 : للأراضي المترسطة.

0.125 : للأراضى الجافة أو الجبال.

6-6 ظاهرة الخفوت المتحد Multi-Path Fading

ان الجو (وهو الوسط الناقل للإشارة المرسلة) يعد وسط غير متجانس، ضن جهة كلما ارتفعنا عن سطح الأرض كلما خف وزن الهواء وبالتالي قلت كثافته ومن جهة أخرى تؤثر العوامل الجوية كالرياح والضغط الجوي والحرارة والرطوبة أيضا على اختلاف معاملات طبقات الجو. تؤدي هذه العوامل المختلفة على اختلاف معاملات الاتكمار لطبقات الجو مما يؤدي إلى انكسار ^ الأمواج المرسلة عند انتقالها من طبقة إلى أخرى، وقد تتعرض الموجة إلى عدة الاكسارات كما هو موضع في المثال التالى:



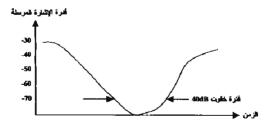
حيث سارت الموجة المنتقاة من المرسلة بمسارين مختلفين باتجاه المستقبلة، ونجمع الإشارات من المسارات المختلفة عند هوائي المستقبلة، وبسبب اختلاف طول المسار الذي تسلكه كل موجة منكسرة فإن هنائك فرق طور بين الموجات المجمعة مما يؤدي إلى الحصول على موجة ضعيفة. وتسمى هذه الظاهرة بالخفوت منعد المسار.

وإحصائيا يمكن أن تكون محصلة انتماع المسارات المجمعة عند هواني المستقبلة صفرا أو قريبة من الصفر حيث تسمى هذه الظاهرة بالخفوت المتعدد المعميق. وقد يتعرض الشعاع في المسار الواحد إلى انكسارات متعددة وقد لا تصل نتيجة ذلك إلى نقطة الاستقبال المطلوبة.

فترة الخفوت المتعد المسار

تعرف فترة للخفوت على أنها الزمن الذي تستمر فيه ظاهرة الخفوث الإثبارة دون مستوى معياري L. وتحدد مستويات الخفوت بالديمييل، أي ان المستوى:

L_{dB} = 20 Log(L) والشكل النالي ببين علاقة الزمن مع القدرة المطلقة للإشارة المستقبلة:

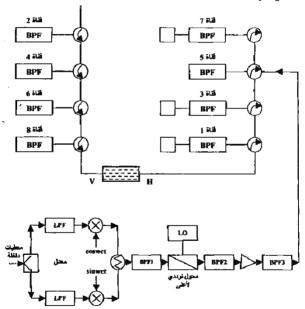


لن فترة الخفوت لا تعتمد على قيمة النردد المرسل وإنما تعتمد فقط على قيمة مستوى الخفوث 1. حيث متوسط زمن الخفوت يساوي: T_m = 410 L L < 0.1

4 -

7-6 المستقبلات-المرسلات الرقعية Transceiver

يوضح الشكل التالي المخطط الصندوقي لمرسلة رقمية وأهم الأجزاء المكونة لها:

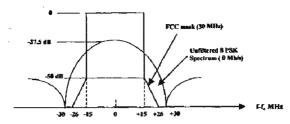


وكما هو واضح فان جميع القوات المتجاورة متفاطعة استطابيا Roros .8 GHz .8 وهذه الخطة هي المتبعة في كندا للحزمة الترددية Polarized . وهذه الخطة هي المتبعة في كندا للحزمة الترادية تعلى المخلص من المكونات خارج حزمة النطاق الأساسي لتجنب التداخل بين القنوات المتجاورة وفقا المواصفات وتحديدات الوكالات والهيئات الدولية للاتصالات ، كذلك النقليل من الشويش. والمصفيات المستخدمة هي:

- مصغبات تمرير الترددات المنخفضة (Low Pass Filter (LPF): المرحلة التعديل الأولى.
- مصفیات نمریر حزمة (Band Pass Filter (BPF1) : امرحلة التربدات
 المتوسطة IF.
- مصغیات تمریر حزمة (Band Pass Filter (BPF2) : امرحلة الترددات الرادیویة قبل مرحلة مكبر التدرة.
- مصفیات تمریر حزمة (BPF3) Band Pass Filter المرحلة الترددات الرادیویة بعد مرحلة مكبر القدرة.

والشكل التالي يبين التحكم بالطيف التريدي وعرض النطاق المسموح به من هيئة FCC والذي يبين أهمية المصفيات حيث يلزم نصفية حادة للحصول على حدود الإشعاع PSK المطلوبة

لأجل تجنب التداخل بين القنوات المتجاورة (يجب تحديد عرض النطاق الطيف الترددي المرمل بعرض MHz):



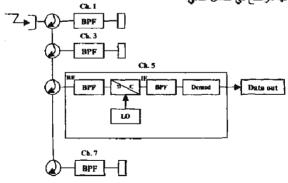
فذِّا كان بجب إرسال معطيات بقيمة 90 Mb/sec خلال عرض الحزمة المحددة MHz فهذا يستدعى استخدام تقنية لها فعالية على الأقل:

A = BW/ Data = 30 MHz/(90 Mb/sec) = 3 bit/sec/Hz

وهذا يستلزم تحيل من نوع M-ARY-PSK حيث M تساوي:

$$M = 2^n = 2^3 = 8$$

أما بالنعبة للمستقبلة الرقعية المتعددة القنوات فإن المخطط الصندوقي لها موضح في الشكل التالي:



- 199 -

كذلك في المستقبلة يستعمل عدد من المصنعيات (سواء في مرحلة الترددات المتوسطة أو الراديوية أو بعد التعديل العكسي للحصول على حزمة النطاق الأساسي).

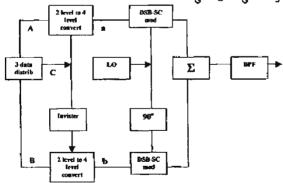
6-8 الأنظمة الرقمية ذاك الفعالية العالية بالتمنية لعرض الحزمة

Bandwidth Efficient System

الأنظمة الرئمية التي سنتطرق لها في هذا الجزء من نوع 8 Phase ا 16 Quadrate Amplitude ونظام Shift Keying) 8PSK . Modulation (16 QAM)

1-8-6 أنظمة 8-PSK

ان أنظمة 8-PSK تستخدم غالبا لأنظمة التراسل ذات سيل المعطوات من 15 Mbit/sec إلى 100 Mbit/sec ، والمخطط الصندوقي لهذه الأنظمة موضعة في الشكل التالي:

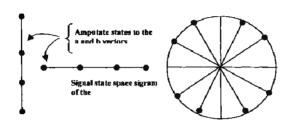


حيث تمثل f₀ معدل المعطيات الرقمية الداخلة إلى النظام ويقوم موزع البيانات النتائية (Data Distributor) بشطر المعطيات الداخلة إلى ثلاثة جداول متماثلة وبالتالي يصبح معدل المعطيات في كل جدول تلث المعدل الأصلي (أي f₀/3). ثم تدخل (نبضة المعطيات الأولى والثانية) و(نبضة المعلومات الثالثة ومعكوس الثانية) كل منهما إلى محول من المعتويات الثانية إلى أربعة مستويات البعطي إحدى الحالات الأربعة الممكنة الإشارة النطاق الأمامي القطبية عند النقط a و و و فقا الأساوب الموضح في الجدول التالي:

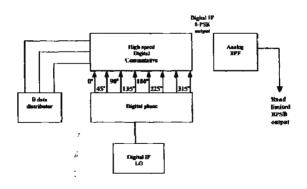
| الحلة | C | В | A |
|--|---|---|---|
| a and b is -ve, b>a | 0 | 0 | 0 |
| A is +ve and b is -ve, b>a | 0 | 0 | ı |
| A is -ve and b is +ve, b>a | 0 | 1 | 0 |
| a and b is +ve, b>a | 0 | 1 | I |
| a and b is -ve, b <a< td=""><td>1</td><td>0</td><td>0</td></a<> | 1 | 0 | 0 |
| A is +ve and b is -ve, b <a< td=""><td>1</td><td>0</td><td>1</td></a<> | 1 | 0 | 1 |
| A is -ve and b is +ve, b <a< td=""><td>1</td><td>]</td><td>0</td></a<> | 1 |] | 0 |
| a and b is +ve, b <a< td=""><td>1</td><td>1</td><td>1</td></a<> | 1 | 1 | 1 |

حيث تحدد حالة A الرقمية قطبية الإشارة الخارجة a وبنفس الأسلوب تحدد حالة a الرقمية قطبية الإشارة الخارجة a ، بينما تحدد قيمة a0 أي المخرجين فو التساع أكبر من الأخر بحيث a0 إذا كانت قيمة a1، وa2 إذا كانت قيمة a2.

ان الأربعة مستويات المستقطبة الإشارات النطاق الأساسي تستخدم لتعديل حاملين متعامدين:Quadrature Carrier)) تعديل مسعوبا من نوع Double Side Bands Suppressed Carrier (DSB-SC). والمخطط الغراغي لإشارة النطاق الأساسي وإشارة PSK-8 المعطة موضعة في الشكل التالي:



ويستخدم المحل 8-PSK نو سبل المعلومات العالية (90 Mb/sec) دواثر منطقية رفعية على النحو الموضح في الشكل التالي:



حيث بقوم موزع المعطيات هذا أيضا بتوزيعها على للجداول الثلاث المتماثلة التي سيكون لها معدل بيانات بساوي ثلث معدل البيانات الداخلة (f_b/3) كما هو الحال في الدائرة السابقة. بينما بواد المهاتر المحلي الترددات الحالية التي نمر على الدائرة التي تنتج من الإشارة الحالية 8 أطوار مختلفة انعديل كل حالة من الحالات الرفعية على مدخل المازج ذو السرعة العالية على النحو التالي (كمثال):

| الطور | المنخلات الرقمية | |
|-------|------------------|--|
| 00 | 000 | |
| 45° | 001 | |
| 90° | 010 | |
| 135° | 011 | |
| 180° | 100 | |
| 225° | 101 | |
| 279° | 110 | |
| 315° | 111 | |

يقوم مصغى تعرير الحزمة التربدية BPF على تصغية الإثنارة الحاملة 8-PSK للحصول على موجة محدودة عرض النطاق. لكن يهبط أداء هذا النظام بوجود التشويش الأبيض الإضافي أو بوجود تداخل الإثنارات.

2-8-6 لظمة QAM 16-0AM

تستعمل أفظمة Ary QAM المتطلبات أفظمة التراسل ذات الفعالية التي لها معدل سيل معلومات بسلوي (4bit/sec/Hz)، حيث:

$$M = 2^n = 2^4 = 16$$

وأنظمة QAM ذات الإشارة المعدلة رقميا التي تحمل المعلومات الثنائية في الطور والرفي الاتساع يتم المحصول عليها بطريقة مشابهة للسابق ذكرها في الموضوع السابق. والشكل التالي ببين المخطط الفراغي لعدة إشارات ثنائية (رقمية) معدلة PSK:

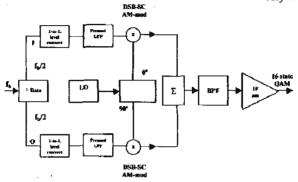
Efficient Digital Radio Systems Bandwidth M = 2 M = 4 phase OPSK 4. phase OPSK M = 16 4. phase OPSK = 8 selected systems (note different value of vector magnitude) gates 4-tevel PAM Gody BSB-6C-AM

PAM يمكن الحصول على إشارة 8-PSK بمن جمع إشارتين 3 معامنتين معدلتين للمستويات الأربعة المحتملة. ولتحقيق فعالية أعلى من bit/sec/Hz الزيد درجات أعلى من لنظمة Mary-Qam أو PSK .

والشكل التالي يبين المخطط الصندوقي لمحل QAM بدون حامل -QAM)

Amplitude-Phase وغلق الطور والانساع SC)

Keyed:



يقوم موزع البيانات الرقمية Data Distribution بتوزيمها إلى جدولين متماثلين، فإذا كان نحل سيل المعلومات f_b فان هذا المعلى بصبح في كل جدول $(f_b/2)$. ومن ثم يقوم محول المستويات بتحويل البيانات في كل جدول من المستويين إلى المستويين إلى المستويين إلى المستوين I (الأكبر من 4 المحصول على فعالية أكبر من March (3bit/sec/Hz). ويتم حساب معدل الرمز Symbol الخارج من محول المستويات على النحو التالى:

$$f_s = (f_b/2)/Log_2(L)$$

$$= (f_b/2)/Ln(L) \quad \text{Sym/sec}$$

ومن المخطط نلاحظ استخدام مصغبات حزمة ترددية منخفضة LPF، والتي يمكن حساب تردد القطع لها أو أقل عرض النطاق لها بحسب نظرية $f_{\rm s} \geq 2f_{\rm m}$) Nyquist Theory نايكويست

$$\mathbf{BW_{LPF}} = \mathbf{f_m}$$
$$= \mathbf{f_{1/2}}$$

أما مصفيات الموجات ذات التربدات المتوسطة IF، فعوض النطاق لها يجب أن يساوي ضعف عرض حزمة النطاق الأساسي:

$$\mathbf{BW}_{IF} = 2\mathbf{f}_{m}$$
$$= 2\mathbf{BW}_{LPF}$$

مثل: إذا كان معنل من المصدر يساوي $f_6=10$ Mb/sec والزم إشارة معنلة بنظام 16 QAM لها فعالية نظرية 4bit/sec، حيث تحول الجداول الرقعية المستبنلة إلى جداول لحزم النطاق الأساسي ذات أريعة مستويات. حد كل مما بأتى:

- معدل سبل البيانات الرقمية في الجداول،
 - f_s معدل الرمز
- 3. أقل عرض النطاق لمصغيات حزمة ترددية منخفضة LPF.
- عرض النطاق مصفيات الموجات ذات الترددات المتوسطة IF.

الحل:

بالتطبيق المباشر للعلاقات أعلاه نحصل على:

- ا. المعدل يصبح في كل جدول = $(f_b/2)$
- . 5Mb/sec =(10Mb/sec)/2 -
 - 2. معدل الارمز fs يصاوى:

$$f_s = (f_b/2)/Log_2(L)$$

= (5Mb/sec)/Log₂(4)
= 2.5 Mb/sec

آق عرض النطاق لمصغیات حزمة ترددیة منخفضة LPF
 بساوی:

$$BW_{LPF} = f_m = f_y/2$$

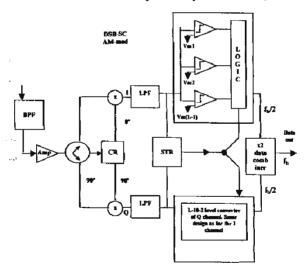
= 2.5/2 = 1.25 MHz

 عرض النطاق مصغیات الموجات ذات النزددات المتوسطة IF بساری:

$$BW_{IF} = 2f_m = 2 BW_{LPF}$$

= 2*1.25 = 2.5 MHz

أما بالنسبة للمخطط الصندوقي المستقبلة الرقمية (المعدل العكسي) لنظام M-Ary QAM فهو مبين في الشكل الذالي:



بنزم دوائر المقارن Comparators بعدد يساوي (L-1) الاسترجاع التردد الحامل و تردد الرمز f_s ، حيث L عدد مستويات النطاق الأساسي المعدلة.
دائج المقارن نكون:

 مستوى عالى (الحالة الرقبية 1): إذا كان مستوى الإشارة المستقبلة والتشويش أعلى من مستوى البدء Preset.

 مستوى منخفض (الحالة الرقعية 0): إذا كان مستوى الإشارة المستقبلة والتشويش أقل من مستوى البدء Preset.

ونتم النجزئة بمعل رمز يساوي:

 $f_s = f_b/(2 \text{ Log}_2(L))$

يتم المحصول على مستويين من مستويات ذات العدد L للحصول على ناتج ثنائي متوازي ، وتعطى مداخل موحد المعطيات ((X2)) إشارة ثنائية ذات معدل رقمي $f_{ij}/2$ من القناة I وأخر مشابه من القفاة Q . ومن ثم يقوم موحد المعطيات بتحويل البيانات الرقمية من التوازي إلى التوالي (لعكس عمل موزع المعطيات في دائرة المعدل) فيتحقق معدل سيل معطيات في هذه المرحلة يساري عدد.

مثال توضيحي على أنظمة 16-Ary QAM هو نظام الراديو GHz و المصرح له من FCC بعرض نطاق MHz. 3.5 وبالتالي نظريا فان سيل المعطيات الممكنة لهذا النظام تساوى:

 $f_h = 3.5 \text{ MHz} * 4 \text{ bit/sec/Hz} = 14 \text{ Mb/sec}$

لَما من الناحية العملية فان معامل انخفاض (1 ←0.3) يؤثر على القيم الحقيقية النظام. وعلى فرض انه بساوي 0.5، فانه يازم %50 من قيمة عرض النطاق، وبالتالي تصبح قيمة عرض النطاق النزاسل العملي:

(14Mb/sec)/1.5 = 9.33 Mb/sec

والملاحظة الجديرة بالانتباء أن المخطط الصندوقي المعنل العكسي لنظام QAM مع نظيره لنظام M-Ary-PSK في أغلية المكونات الصندوقية، واذلك يمكن استخدامه التعيل العكسي لإشارة PSK-8 أو PSK-16 (بعد بعض التغييرات البسيطة في دوائر معالجة الإشارة).

لميئلة إلوحدة الساسية

- س]) ما عند الأطراف في المسار الميكروي الرقمي نو طول ؟
- س2) ما نوع المعلومات في الأنظمة الرقعية ؟ وما معدل سيل البيانات؟
- س3) في أي مرحلة تحدث عمليتي للتعديل والتعديل العكمي في المستقبلات والمرسلات الرقعية ؟
 - س4) ارسم المخطط الصندوقي لمسار راديوي رقمي.
 - س5) ما للصفة الأساسية للأنظمة الهيترودينية الرقمية (وحتى غير الرقمية)؟
 - س6) ارسم المخطط الصندوقي للأنظمة الرقعية الهيترودينية.
- س7) ما المقصود بالتعديل العكسي المترابط Coherent De-Modulation
 - س8) ما الفرق بين الأنظمة الهيئر ودينية وأنظمة التحديل المباشر الرقمية؟
- س9) ارسم المخطط الصندوقي Block Diagram للأنظمة الرقعية ذات مرسلات التعديل للعباشر.
- س10) كيف يتم العمل في نظام تباين وفتح وغلق لمحطة نموذجية (قناة عاملة عدد 1 وقناة حماية عدد)؟
- س11) ارسم الشكل المبين المحطات المعيدة للموجة غير المجددة العاملة مع الأجهزة الهبئرودينية ؟
 - س12) بما تمتاز المعيدات غير المجددة عن المعيدات المجددة ؟
 - س13) مع ماذا تستعمل عادة أنظمة الحماية والتباين (N+1) ؟
 - س14) ما المقصود بكسب النظام ؟

- س15) لنظام له عرض نطاق MHz 14 وقدرة تشويش كلية 0.02 pw ، حدد قيمة شدة الضميح ودرجة الحرارة المكافئة النشويش.
- س16) لنظام له عرض نطاق MHz 12 وقدرة تشويش كلية 0.04 pw ، حدد قيمة شدة الضجيح ودرجة الحرارة المكافئة التشويش.
- س17) لنظام له عرض نطاق MHz وقرة تشويش كلية 0.02 nw حدد قيمة شدة الضجيع ودرجة الحرارة المكافئة للتشويش.
 - س18) ما قيمة معامل الخشونة A للأسطح التالية:
 - الأراضي العلماء وسطح العاء.
 - 2. الأراضى متوسطة الخشونة.
 - 3. للأراضى الخشنة والجيال.
- س19) ما قيمة المعامل B لتحويل الاعتمادية البيئية الشهرية لمدوية للأسطح
 التالية:
 - البحيرات الكبيرة أو المساحات المشابهة الرطبة
 - 2. للأراضي المتوسطة.
 - 3. للأراضى الجافة أو الجبال،
 - س20) ما المقصود بظاهرة الخفوت متعدد المسار؟
 - س21) ما المقصود بظاهرة الخفوت المتعدد العميق؟
 - س22) ما المقصود بفترة الخفوت؟
 - س23) مل تعتمد فترة الخفوت على قيمة التردد المرسل؟
 - س 24) على ماذا تعتمد فترة الخفوت؟
 - س25) ما قيمة فترة الخفوت إذا علمت أن مستوى الخفوت بساوي 20 dB ا

- س26) ارسم المخطط الصندوقي لمرسلة رقعية.
- س27) ما وظيفة المصغيات في المرسلات المستقبلات الرقمية؟
- س28) ما المصغيات المستخدمة في المرسلات المستقبلات الرقمية؟
 - س29) لرسم المخطط الصندوقي للمستقبلة الرقمية.
- ص30) مع أنظمة التراسل التي تستخدم مع أنظمة 8-PSK (ما مدى سبل المحطيات لها)؟
 - ص 31) ارسم المخطط الصندوقي لدائرة المعدل لنظام PSK-8 ؟
 - س32) ارسم المخطط الصندوقي ادائرة المعدل العكسي لنظام 8-PSK ؟
 - س33) وضع أسلوب عمل دائرة المعدل لنظام PSK-8.
 - س34) ماذا يحدد في دائرة المعدل لنظام PSK حالة:
 - .A .1
 - .B .2
 - .C .3
 - س35) ارسم المخطط الفراغي لاشارة R-PSK.
- س36) لرسم المخطط الصندوقي لمعلل QAM بدون حامل (QAM-SC) لرسم المخطط الصندوقي لمعلل Amplitude-Phase والذي يسمى "معدل فتح وغلق الطور والانساع Keyed .
- س37) إذا كان معدل من المصدر يساوي f_b=20 Mb/sec ، ولزم إشارة معدلة بنظام QAM الها فعالية نظرية 4bit/sec ، حيث نحول الجدلول الرقعية المستبدلة إلى جداول لحزم النطاق الأساسي ذات أربعة مستويات، جد كل مما يأتي:
 - 1. معدل سيل البيانات الرقمية في الجداول.

- 2. محل الرمز f_s .
- 3. أقل عرض النطاق المصغيات حزمة ترددية منخفضة LPF.
- عرض النطاق مصغیات الموجات ذات التربدات المترسطة IF.
- م 38) إذا كان معدل من المصدر يساوي f₆=10 Mb/sec ، ولزم إشارة معدلة بنظام 16 QAM لها فعالية نظرية 3bit/sec، حيث تحول الجداول الرقمية المستبدلة إلى جداول لحزم النطاق الأساسي ذات أربعة مستربات. حد كل مما يأتي:
 - 1. معدل سيل البيانات الرضية في الجداول.
 - 2. معدل الرمز f_s .
 - أقل عرض النطاق لمصفيات حزمة ترددية منخفضة LPF.
 - عرض النطاق مصفيات الموجات ذات الترددات المتوسطة IF.
- ص39) ما تأثير معامل الانخفاض على عرض النطاق للأنظمة العملية من نوع QAM?
- س40) ما العشترك بين المخطط الصندوقي المعدل العكسي انظام QAM مع نظيره لنظام M-Ary-PSK ؟

الوحدة السابعة



Radar الرادار

7-1 مقيمة عن مبدأ عمل الرادار

يمثل الرادار الاستخدام النكليدي للميكرويف، ولقد بدأ العمل به في بداية التحريب للعالمية "RADAR" مأخوذة . Second World war من الأحرف الأولى للمصطلح في اللغة الإنجليزية: RAdio Detection ، أي تحديد وكذف العمالة بالأمواج الرادبوية.

ويالإمكان تعريف الرادار بأنه: النظام الكهرومغناطيسي ويالإمكان تعريف الرادار بأنه: النظام الكهرومغناطيسي Electromagnetic System لذي يستخدم الكثنف عن مواقع الأهداف Targets وتحديد بعدها Distance، ويتم ذلك بإرسال موجة خاصة نرند عن الهدف راجعة إلى المرسل مرة أخرى (إشارة الصدى)، وتحال هذه إشارة الصدى للحصول على المعاومات المطلوبة عن الهدف. ومن الموجات المستخدمة لهذا الغرض الموجات الجيبية (Sin-Waves) المعلة تعديل نبضى Pulse Modulation.

ويتميز نظام الرادار بأن نقطة الإرسال ونقطة الاستقبال نقعان في نفس الجهة، والإثمارة المستقبلة هي الإشارة المرتدة عن الهدف والذي بالتأكيد تختلف عن الإثمارة المستقبلة. وليس الهدف في الرادار المحصول على إثمارة مستقبلة مطابقة لمايشارة المرسلة وإنها تطبل الاختلاف بين الإثمارتين.

لن أبسط أنواع الرادارات هو الرادار النبضي Pulse Radar المستخدم في المطارات والذي يعطي دلالة عن موقع الطائرات من خلال حساب الزمن الذي تحتاجه الموجة الموجهة التصطدم بالطائرة وتعود إلى الرادار عوهذه الموجة الموجهة هي كتابة عن ضوء ضيق النطاق Narrow Beam Search الموجة المستمرة . Line أما عمل والاثر دوبار Doppler Radar أو رادار الموجة المستمرة (Cw) يعطي دلالة عن سرعة الأجسام وليس بعدها عن الرادار كالمستخدم من قبل شرطة المرور.

ويمكن القول أن الرادار ذو أهمية كبيرة سواء في وقت السلم أو وقت الحرب الكشف عن الطائرات والأليات الأخرى ضمن حدود معينة.

ومن خصائص الرادار:

- ا. لا بستطيع تحليل وإعطاء التفاصيل مثل العين البشرية: ان شاشة العرض Display للرادار لا تبين شكل الهدف (الطائرة مثلا) وإنما قد نميز الهدف على الشاشة كنقطة مضيئة في إحداثيات معينة دون أي مطومات عن شكل أو نوع أولون أو حجم هذه الطائرة أو حتى ان كان الهدف طائرة أو أي جسم متحرك آخر.
- 2. الهوائي Antenna المستخدم في الإرسال هو نفس الهوائي المستخدم الاستغبال: وهذا أمر منطقي نسبة إلى وظيفة الرادار، فليس الغرض من استخدامه تأمين اتصال بين نقطتين مختلفتين وبالتالي هوائيين مختلفين، وإنما الهدف إرسال إشارة إلى هدف لا ليتم استقبال هذه الإشارة من قبل هذا الهدف وإنما تحليل الإشارة المرتدة عن هذا الهدف من قبل نفس الجهة المرسلة وبالثالي لا حاجة إلا لهوائي واحد فقط (بالرغم من اختلاف دائرة الإرسال ككل عن دائرة الاستغبال ككل).
- 3. القدرة على قياس بعد الهدف (أو مدى الهدف) تصمم دائرة الإرسال والاستقبال في الرادار بحيث تؤدي الغرض الأساسي منه و هي تحديد موقع الهدف.

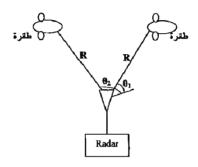
4. إمكانية العمل خلال الظروف غير الاعتيادية: يمكن تصميم الرادار بحيث يتمكن من العمل خلال الظروف الجوية الصحية كالضياب والأمطار والثلوج وغيرها، وابتمكن من الكثف عن الهدف خلال الظلام أيضا. وبدون إمكانية العمل في هذه الظروف ينقد الرادار أهميته (مثال على ذلك: ما الفائدة من تحديد اختراق طائرة الفلاف الجوي أثناء النهار إذا لم يكن بالإمكان معرفة حدوث هذا الاختراق في الليل!)

وبعد معرفة طبيعة عمل الرادار بمكن استتتاج الشكل الأولي له والذي يتكون من:

- أ. هوائي مرسلة Transmitter Antenna: الذي يقوم بإشعاع Radiation الأمواج الكهرومغلطيسية ذات الترند الميكروي.
- ب. هوائي مستقبلة Receiver Antenna الذي يستقبل الإشارة المرتدة عن
 الهدف.
- ج. دائرة كشف الطاقة المستقبلة ،P، حيث تختلف إشارة الموجة المرسلة عن إشارة الموجة المستقبلة بمبب الخسارة Losses التي تتعرض لها بعد بثها واصطدامها بالجسم وارتدادها مرة أخرى الرادار. حيث تنتشر المعوجة المرسلة المساحة واسعة وجزء منها فقط بصطدم بالهدف ويتم استصاص جزء من طاقة الإشارة نتيجة الاصطدام ثم ترتد الموجة بجميع الانتجاهات وجزء منها فقط الذي يصل إلى مرة أخرى إلى المستقبلة حيث تعتل طاقة الإشارة المستقبلة ،P وبمعالجة هذه الإشارة يتم تحديد موقع وسرعة الهدف.

7-2 فياس بعد الهدف

ووظيفة الرادار الرئيسية هي تحديد موقع الهدف، وهذا يعني تحديد المدى (البعد) Range والاتجاه Direction وليس البعد فقط .كما هو موضح في الشكل الذالي الذي يبين هدفين على نفس البعد من الرادار ولكن بانجاهين مختلفين (وبالتالي موقعين مختلفين):



والإجراء المتبع لتحقيق ذلك هو:

ا. تحديد المدى Range: يتم قياس الزمن الكلي T الذي يلزم الموجة المرسلة
 لكي تصل إلى الهدف وترند عنه راجعة إلى الرادار، والذي يساوي :
 T = t₁ + t₂

حيث:

t₁: يمثل الزمن الذي تستغرفه الموجة المرسلة الوصول إلى الهدف.
 يمثل الزمن الذي تستغرفه الموجة المرتدة الوصول إلى الرادار.

و لا يتساوى كلا من 1 و 12 و ولكن التبسيط يغرض تسلوي الزمن اللازم الموجة المرسلة الموصول إلى الهدف والزمن الذي تستغرقه الموجة المرتدة الموصول إلى الرادار عوبالتالي:

$$T_R = t_1 + t_2 = 2T$$

وبالتالي فان الزمن اللازم لوصول الموجة للهدف يساوي نصف الزمن الكلي المقاس:

$$T = T_P/2$$

والموجة المرسلة عادة عبارة عن موجة جبيبة ذات تردد عالى (ميكروي) معللة بقطار من النبضات المستطيلة Pulse Modulation، وسرعة هذه الموجة في الفراغ يساوي صرعة الضوء (108m/sec).

وبمعرفة الزمن والسرعة يمكن حساب المدى بالقانون الفيزيائي:

$$R = C * T$$

حبث:

C: يمثل سرعة الموجة وتساوي سرعة الضوء في الفراغ وتساوي * 3
 108m/sec

T_R: الزمن الذي بازم الموجة المرصلة لكي تصل إلى الهدف.

وبالتعويض المباشر لقيمة سرعة الضوء في القانون أعلاه تصبح العلاقة بالصورة التالية:

$$R = C * T$$
= 3 * 10⁸ * (T_R/2)
= 0.15 T_R

حبث:

R: بعد الهدف برحدة Km.

T_R : زمن الوصول إلى الهدف بوحدة μsec.

 الزمن الكلي الذي تستغرقه الإشارة من هواني المرسلة إلى الهدف والعودة إلى هوائي المستقبلة مرة أخرى بوحدة µsec أيضا .

ويمكن التعبير عن علاقة المدى بالزمن أيضا على النحو التالي: $R = 0.08 T_o$

حىث:

R: بعد الهدف بوحدة nmi.

Τκ : زمن الوصول إلى الهدف بوحدة μsec.

من الضروري الكشف عن إشارة الصدى المرتدة قبل إرمال النبضة التالية كي لا يحدث خطأ في قراءة الزمن، وعند قباس ضعف الزمن عوضا عن الزمن الفعلي سيتم حساب المدى بشكل خاطئ ويعد الجسم على بعد مساوي لضعف بعده الحقيقي.

مثال1: إذا كان الزمن الكلي المقاس من قبل الرادار والذي استغرقته إثنارة للوصول إلى الرادار والاصطدام بها والارتداد عنها إلى الرادار يساوي 0.01 msec، فما بعد المطائرة عن نقطة الرادار:

أ. برحدة Km.

ب، برحدة nmi،

الحل:

ان الزمن المقاس في هذا المثال هو الزمن الكلي، وبالتالي فان الزمن اللازم للوصول الهدف هو نصف هذه القيمة وتصاوي:

> $T_R = T/2$ = 0.01/2 = 0.005 msec = 5 µsec

وبالتعويض المباشر الآن لهذه القيمة (بوحدة μsec) في معادلتي المدى تحصل على:

أ. بوحدة Km:

 $R = 0.15 T_R$ = 0.15 * 5 = 0.75 Km

ب. برحدة nmi :

 $R = 0.08 T_R$ = 0.08 * 5 = 0.4 nmi

مثال2: إذا كان البعد الحقيقي لطائرة عن فاعدة الطائرات يساوي 1.5 km ولكن تم فياسه من رادار على أنه بساوي 1.2 km فيمة الخطأ في قباس الزمن ؟

الحل:

تحسب الزمن الفعلي والزمن المقاس ونجد القرق بين القيمتين:

أ. الزمن الفعلى:

تحسب قيمته من المدى الحقيقي للطائرة وفقت لمعادلة المدى:

> $T_R = R/0.15$ = 1.5/0.15 = 10 \text{ \text{µsec}}

> > ب. الزمن المقاس:

تحسب قيمته من المدى المقاس الطائرة من قبل الرادار: وفقت لمعادلة المدى:

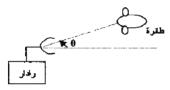
> $T_R = R/0.15$ = 1.2/0.15 = 8 µsec

وبالتالي فان الغرق d بين الزمن الحقيقي والزمن الذي تم قياسه في الرادار:

$$d = 10 - 8 = 2 \mu sec$$

ان هذا الفرق البسيط في القيمة الزمنية (جزأين من العليون من الثانية) سبب خطأ في تقدير بعد الطائرة وقيمة 300m، أو بنسبة خطأ 20%.

2. تحديد الإنجاه Direction : يتم تحديد انتجاه الهدف بالنسبة للرادار بتحديد الزاوية angle التي يشكلها خط البعد (المدى) مع الأفق Horizon، كما مبين في الشكل التالي:



وتحدد من زاوية الموجة المنعكسة عن الهدف المرتدة إلى هوائي المستقبلة في الرادار. وعادة تستخدم موجات ذات حزم ضبيقة لحساب الاتجاد.

3-7 تنبنب وعرض النبضة 3-7

عندما يرسل هواني الرادار النبضة يجب أن ينقضي زمن كافي يسمح لإشارة الصدى بالمعودة إلى هواني المستقبلة. وكما ذكر سابقا، من الضروري الكشف عن إشارة الصدى المنعكسة والمرتدة عن الهدف قبل إرسال النبضة النالية كي لا يحدث خطأ في قراءة الزمن الضروري التحديد المدى. وبناء على ذلك فان معدل الموجة النبضية المرسلة بتحدد باطول المدى المتوقع وجود الأهداف عندها. وإذا كان معدل التردد التكراري النبضات عالى فمن الممكن ان تصل إشارة الصدى عن بعض الأهداف بعد إرسال النبضة الثانية ويحدث التباس في قياس الزمن (بأن يحسب بين لحظة إرسال النبضة الثانية ولحظة وصول إشارة الصدى، بالرغم من أن الزمن الحقيقي، في هذه الحالة، يكون بين لحظة إرسال النبضة الأولى ولحظة وصول إشارة الصدى).

ويسمى الصدى الذي يصل إلى هوائي المستقبلة في الرادار بعد إرسال النبضة الثانية "Second Time Around Echo" أو "Second Time Around Echo" أن هذا الصدى يسبب الخطأ في تقدير مدى الهدف إذا لم يتم التعرف أنه Second Time Around Echo. حيث بعد الزمن المقاس أقل من الزمن الحقيقية وبالثالي فان فيمة المدى المحسوبة ستكون أقل من القيمة الحقيقية لبحد البحد الهدف.

ويسمى المدى، الذي يبين بعد الهدف وفق المنارة الصدى Second ، بأقصى مدى غير غامض (غير ملتبس فيه Time Around Echo)، ويعطى وفق العلاقة النالية:

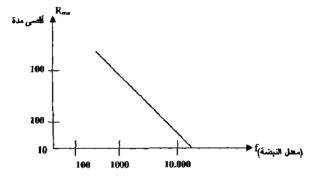
 $R_{un} = C/(2F_f)$

حبث لن:

.R... بمثل أقصى مدى غير غامض (غير ملتبس فيه unambiguous) بوحدة المتر m.

C: يمثل مرعة الضوء في الفراغ ويساوي m/sec * 108 m/sec
 F: يمثل معثل تردد النيضات التكراري (Hz).

ومن المعلالة بتضنح أن العلاقة بين بأقصى مدى غير غامض Run بين معدل نردد النبضات التكراري Fr هي علاقة عكسية، فكلما زاد معدل الثردد يقل المدى، والشكل التالي يوضح هذه العلاقة:



أما بالنسبة اشكل الموجة المستخدمة من قبل الرادار، فانه يرمل أمواج معدلة Modulated Waves بنبضات بمبيطة، ويستخدم أنواع التعديل .Multiple Time Around Echo بنبضات بمبيطة، ويستخدم أنواع التعديل modulation التي تساهم في حل مشكلة الدردد الميكروي تعدل تعديل ترددي فالموجة الحاملة (حامل نبضي) ذات التردد الميكروي تعدل تعديل ترديي (Phase Modulation) أو تعديل طوري (Phase Modulation)، لغرض ضغط الإشارة المرتدة (إشارة الصدي) زمنيا بعد الاستقبال في هواتي المستقبال الرادار.

تضغيط النبضات هي طريقة تمتخدم فيها نبضة محلة طويلة للحصول على تطيل لنبضة قصيرة وكن بطاقة نبضة طويلة. ويستقاد من هذه الطريقة

في تحليل المسافات البعيدة (المدى الكبير) High Range Resolution بدون الحاجة لنبضة قصيرة.

ويمكن استصال الأمواج المستمرة (Continuous Waves(CW) المواج المستمرة (اليمت نيضية) المعدلة تحيل ترددي FM أو تعديل طوري PM لقياس المدى التحقيق ما يلى:

أ. فصل الصدى المستقبل من الإثمارة المرسلة.

ب. فصل الصدى من الضوضاء المتراكمة والثابتة Stationary ... Clutter

ويتم تحقيق ذلك من خلال الاستقادة من ميزة لراحة دوبار Doppler التي سيتطرق لها الكتاب في ما يعد.

ويتشفير Coding الإشارة المرسلة من هواتي المرسلة Transmitter .

Antenna، يسهل التعرف عليها عند عودتها إلى هواتي المستقبلة Receiver .

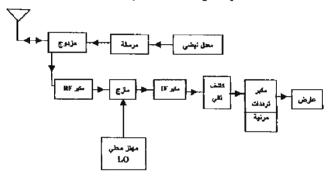
Antenna. وتختلف طريقة التشفير باختلاف الرادار المستخدم (أو بمعنى آخر نوع الإشارة التي يستخدمها الرادار)، ويتم التشفير على النحو التالي:

- 1. في الرادار ان النبضية Pulse Radar : الإجراء المنبع في هذه الرادارات هو إرسال الأمواج الميكروية على هيئة نبضات، وقياس الزمن من لحظة إصدارها وإلى تحظة استغيال إشارة المصدى. ويعود تعمية هذه الرادارات .
 الى شكل الموجة المستخدمة فيها.
 - 2. في رادارات الأمواج المستمرة Continuous Waves Radar : يتم في هذه الرادارات إرسال أمواج ميكروية متغيرة النزدد، حيث يتم التغير المستمر والمعلوم القيمة لمزدد الموجة المرملة ومن ثم المقارنة بين نزدد الموجة المستقبلة وتحليل الإشارتين للحصول على قيمة المدى الهدف.

4-7 المخطط الصندوقي للرادار Block Diagram of Radar

من المتوقع فرق أساسي وكبير بين المخطط الصندوقي Block من المتوقع فرق أساسي وكبير بين المخطط المتدوقي الأنظمة الانصالات بشكل عام. والسبب في ذلك أن نقطة الإرسال والاستقبال في نظام الرادار تقعان في جهة واحدة وهوائي الإرسال هو نضعه هوائي الاستقبال.

والشكل التالي بوضح المخطط الصندوقي الرادار:



وتشكل كل من (المعتل النبضي Pulse Modulator، المرسلة، والهواتي) أجزاء دائرة الإرسال ، بينما نشكل كل من (الهواتي، المكبرات، المازج، المصافي، الكاشف، والعارض) أجزاء دائرة الاستقبال الرادار والذي غالبا ما يكون من النوع الموير هيئروديني. ولكل جزء من هذه الأجزاء وظيفة معينة يقوم بها، وفي ما يلي تعريف بكل جزء في نظام الرادار:

- المرسلة Transmitter : قد تتكون من مهنز بولد نرددات ميكروية (مثل Magnetron الكثر شيرعا بين مولدات الأمواج الرادبوية)، حيث يتم إنتاج قطار من النفضات المنتامة.
- ان الرادارات النموذجية التي تستخدم الكشف عن الطائرات في مسافات نتراوح بين (100-200 mmi) تستخدم نبضات ذات عرض يساوي أجزاء من الملبون من الثانية ومعدل نبضة تكراري عدة مئات من النبضات في الثانية الراحدة. ويمكن أن تبلغ القيمة القصوى لقدرة الإشارة الموادة الملبون واطاء أو متوسط فدرة يساوى عدة آلاف واط (Kilo Watts).
- 2. الهوائي Antenna : انظام الرادار هوائي واحد للإرسال والإستقبال. وبالتالي فان وظيفة الهوائي هنا إشماع الموجة المرتدة عن الهدف الناتجة من المرسلة إلى الفراغ، واستقبال الموجة المرتدة عن الهدف الراجمة إلى الرادار.
- 6. المزدوج Duplexer : يقوم بحماية المستقبلة من القدرة العالية Duplexer للإشارة الخارجة من المرسلة وتوجيهها فقط إلى الهوائي، حيث تصمم دواتر الاستقبال العمل مع فعرة الإشارات المستقبلة وهي عادة فعرة قليلة تكبر من خلال المكبرات اللحقة في المستقبلة. ومن جهة أخرى تحويل الإشارة المستقبلة (المرسدة عن الهدف) إلى المستقبلة دون المرسلة. ويتكون هذا المزدوج من قطعتين مفرغتين من الغاز :
- أ. قطعة إرسال استقبال (Transmit Receive (TR) : وفي المساوراة عن حماية المستقبلة أثناء عملية الإرسال من خلال توجيه الإشارة المرسلة نحو اليوائي دون دائرة الإستقبال.

ب. قطمة عكس الإرسال والاستقبال Transmit-Receiver (ATR): وظيفته نوجوه الإشارة التي بلتقطها الهوائي نحودائرة الاستقبال وحجزها عن دائرة الإرسال.

كما وتستخدم أيضا دوارات Circulators وحاميات المستقبلة مع بالتي أدوات TR وأل محددات من خلال استعمال الوصلة الثنائية Diodes كمزدوجات Duplexers.

4. مكبر (RF) Radio Frequency (RF): يمثل المرحلة الأولى في دائرة الاستقبال في الرادار ويكون من النوع الحساس للتثنويش مثال على ذلك (Parametric Amplifier) أو (ترافزيستور حساس التشويش البسيط. ويقوم بتكبير فدرة الإثبارة المستقبلة بواسطة الهوائي.

ويعد استخدام مكبر حساس للتشويش في المرحلة الأولى الرادار أمر غير مرغوب فيه خاصة في التطبيقات العسكرية التي تكون مصحوبة عادة بوسط صاخب وضوضاء عالية، وبالتالي تكون قدرة إشارة التشويش Noise عالية وتناض في قوتها إشارة الصدى المطلوبة.

- 5. المهنز المحلي Local Oscillator :توليد موجة ذات تردد عالى لغرض مزجها بالإشارة المستقبلة والحصول على الإشارة ذات النزدد المتوسط (الإشارة المتوسطة Intermediate Waves).
- 6. المازج Mixer: مزج إشارة المهنز المحلي LO بالإشارة المستقبلة والتحصول على الإشارة ذات التردد المترسط FIF والذي تتراوح فيمته بين (30-60MHz). والمحفظ أنها فيمة كبيرة لنردد متوسط إذا ما فورنت بالتردد المتوسط الأنظمة البث الإذاعي والتي تتراوح بين 550-455).

ومن خصائص مدخل المازج المستخدم في أنظمة الرادار:

- أ. ثو مجال ديناميكي كبير.
 ب. أقل عرض للحمل الزائد.
- ج. أقل عرض للنداخل الإلكتروني.
- 7. مكير الموجة المترسطة IF Amplifier : هو مكبر نموذجي بسل عند الترددات المتوسطة (التي تتراوح بين 30-60 MHz)، ويعرض نطاق بساوي BW=1 MHz. ويقوم بتكبير موجة الترددات المتوسطة الناتجة من المازج.

ويصمم مكبر الموجة المتوسطة IF بضمائص المصفى المتوافق بديث يزيد منصى قيمة للإشارة إلى يزيد منصى قيمة للإشارة إلى متوسط فدرة التشويش Noise على المخرج، ويتم ذلك في حال تساوي كل من انساع الطيف الترددي Spectra لإشارة الصدى وانساع منصى الاستجابة المكبر.

- الكاشف الثاني Detector : يقوم باستخلاص النبضة المعلة Modulating Pulse
- مكبر التريدات المرئية Video Amplifier : تكبير النبضة الناتجة من المرحلة السابقة إلى المسترى الكافي لعرضها على شاشة العرض الخاصة
- 10. العارض Display : تحويل الإشارة الكهربائية إلى إشارة مرتبة تتناسب مع طبيعة ذلك العارض، والذي يكون راسم كهربائي أو راداري. وتزود إشارات الوقت المؤشر Pointer لإعطاء العدى الصغري. كما يتم الحصول على القيمة الزارية من اتجاه التأثير الهوائي.

5-7 معلالة الرفار الأسلسية Radar Equation

ان معادلة الرادار الرئيسية هي المعادلة التي نربط أقصى مدى يستطيع الرادار قياسه، وربط قيمته بالعوامل المؤثرة فيه. ويمكن تلخيص هذه العوامل؛

- قدرة الإثبارة المرسلة .P.
- 2. قدرة الإشارة المستقبلة .P.
- كسب الهوائي G (المستخدم للإرسال والاستقبال) والمسلحة الفعالة Aperture Area.
 - 4. نوع الهدف وحجمه.
 - العوامل المحيطة (مثل العوامل الجوية).
 - 6. التردد المستخدم (أو الطول المرجى).

وتتحقق الفوائد التالية من معادلة الرادار الرئيسية:

- ا. تعد طريقة التحديد قيمة المدى القصوى الذي يستطبع الرادار الكشف عن الأهداف عندها.
 - 2. يعتمد على هذه المعادلة في تصميم الرادار Design .
- نعطي المعادلة فكرة عن العوامل المؤثرة في القيمة القصوى للمدى
 كما تسهل فهم وشرح طبيعة عمل الرادار.

وفي البداية نعرف الهوائي Isotropic ، فهو الهوائي الذي يقوم بإشماع Radiation الطاقة بالتساوي في جميع الاتجاهات ويشكل منتظم. ويتم علاة مقارنة أي هوائي نسبة لهوائي Isotropic.

وكما ذكر في موضوع سابق فان العلاقة عكسية بين شدة المجال والمسافة، أو بكلمات أخرى فان العلاقة بين كثافة القدرة (watt/m²) Intensity للإشارة المرسلة من الرادار عند نقطة معينة تتناسب عكسيا مع

مربع البحد عن ذلك النفطة وطرديا مع فيمة القدرة المرسلة، حسب العلاقة -الذالية:

Intensity = Transmitted Power / Area = $P_1 / 4\pi R^2$

جيث:

Pt : تمثل القدرة المرسلة من الرادار بوحدة watt.

R : تمثل المسافة بين الرادار والنقطة المحسوب عندها الكثافة I،
 بوحدة m.

مرة أخرى، أن العلاقة أعلاه صحيحة عند الحديث عن الهوائي موحد الخصائص Isotropic، أما عند الحديث عن هوائي موجه والذي يعمل على ترجيه الموجة بانجاه معين (وليس التوزيع المنتظم للطاقة في جميع الاتجاهات) فيجب حماب كسب ذلك الهوائي المستخدم.

ويعرف كسب الهوائي (Gain (G) بأنه: النسبة بين المتدة المشعة من هوائي Radiation Power بناس الهوائي في فتجاء معين والقدرة المشعة من هوائي Isotropic في نفس ذلك الاتجاء (والذي يمثل بالطبع اتجاء الهدف). أوأنه النسبة بين أقصى كثافة إشعاع من الهوائي المرجه وكثافة الإشعاع من هوائي isotropic عديم الفقد ذو نفس القدرة الدلخلة، أي أن المرجم المثالي الذي تتارن به فعالية أي هوائي عادي.

ان المقصود بكثافة الإشعاع هو القدرة المشعة لكل وحدة زاوية angle باتجاه معين وبذلك قان كثافة القدرة عند الهدف من هوائي له كسب إرسال بساوى:

 $G = 4\pi A_e/\lambda^2$

حبث:

G : كسب اليواتي.

A : المساحة الفعالة للهوائي بوحدة m.

π ناطول الموجي (c/f) بوحدة λ

وبالتالي يمكن إعادة صباغة قانون شدة القدرة المرسلة من هوائي موجه عند نقطة تبعد مسافة R على النحو التالي:

 $I_1 = \mathbf{P}_t * \mathbf{G}/4\pi \mathbf{R}^2$

و هي شدة المجال الإشارة عند اصطدامها بالهدف على بعد يساوي R. ونتيجة الاصطدام تفقد الإشارة جزء من فدرتها، ويقوم الهدف بعكس الإشارة مرة أخرى إلى جميع الاتجاهات ولكن بقبرة أقل من القترة المرسلة (بسبب الاصطدام). وهكذا يصبح الهدف باعث جديد للإشارة المنعكسة، وإذا عرفنا δ Radar Cross Section على أنها مقياس القدرة السائطة المصطدمة بالهدف والمنعكسة عنه، فيمكن معرفة كثافة قدرة الإشارة المشعة من الهدف عند أي مسافة R1 على النحو الذالي:

 $I_2 = (P_1G/4\pi R^2)^*(\delta/4\pi R_1^2)$

وبالتالي يمكن معرفة شدة الإثبارة التي سترند عن الهد ونصل مرة لخرى الهوائي، حيث تتساوى المسافئين (المسافة من الرادار إلى الهدف تساوي المسافة من الهدف إلى الرادار)،أى أن :

R=R

وبالتالي نصبح علاقة كثافة المقدرة عند الرادار بعد الارتداد: $I = (P_{\rm t}G/4\pi R^2)^* (G~\delta/4\pi R^2) \\ = P_{\rm t}G~\delta/(4\pi R^2)^2$

وبما ان كتافة القدرة تصوي نسبة القدرة للى المسلحة، فيمكن القول ان القدرة المستقبلة عند الرادار تساوي:

 $P_r = I^*A$

حيث:

 أفدرة الإثمارة العرندة عن الهدف عند وصولها إلى الرادار مرة أخرى ووحدتها watt

]: كثافة القدرة ووحدتها Watt/m².

 $(A_c$ المساحة ووحدتها m^2 المهم هو المساحة الفعالة A

وبالتعويض بعلاقة كثافة للموجة عند الرادار، تصبح العلاقة على النحو التالي:

 $P_r = P_t G \, \delta \, A_e/(4\pi R^2)^2$ وبالتالي فان علاقة المسافة بالعناصر الأخرى تكون: $R = (P_t G \, \delta \, A_e/P_e(4\pi)^2)^{1/4}$

فإذا ما عرفنا أقصى مدى على أنه أبعد معافة نستطيع الكشف عن الأهداف عندها، فإن ذلك يحدث عند أقل قدرة مرسلة P1 ، (حيث العلاقة عكسية بين المدى والقدرة المرسلة). فتصبح معادلة الرادار:

 $R_{\text{max}} = (P_t G \delta A_c / S_{\text{min}} (4\pi)^2)^{1/4}$

أي أن العوامل المهمة المعادلة هي كسب الهواشي في الإرسال ومساحة المساحة الفعالة في الاستقبال. ويمكن إعادة كتابة هذه المعادلة بالتعويض عن الكسب بمعادلته فتصبح الصبيغة النهائية المعادلة الرادار مرة بدلالة م ومرة بدلالة ٨:

> $R_{\text{max}} = (P_t \delta A_c^2 / S_{\text{min}} (4\pi) \lambda^2)^{1/4}$ = $(P_t G^2 \delta \lambda^2 / S_{\text{min}} (4\pi)^3)^{1/4}$

- من هذه المعابلة يمكن تحديد العوامل المؤثرة على أقصمي مدى الرادار على النحو التالي:
- إ. يتناسب أقصى مدى الرادار R تناسب طرديا مع الجذر الرابع مع أقصى قيمة لقدرة النبضة المرسلة من هوائي الرادار P_t 1/4.
- 2. مع بقاء للطول الموجي ثابت يتناسب أقصى مدى نتاسب طرديا مع الجذر التربيمي للمساحة الفعالة لهوائي الاستقبال، وبالنالي يزيد المدى إلى الضعف مثلا بزيادة قطر الهوائي المستقبل إلى الضعفين. كما يمكن القول أنه بتثبيت قطر الهوائي للمستقبل فإن المدى يتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي للطول الموجى النبضة المرسلة.
- كلما ازدادت مساحة الهدف كان الكثر وضوحا وكان من الأيسر الكشف عنه على مسافات بعيدة.
- بعتمد أقصى مدى على مساحة الهدف، فكلما كان الهدف أكبر كان من السهل الكشف عنه ولو غلى مسافات بعيدة.
 - 5. يؤثر التداخل الأرضى على أقصى مدى Ground Interference.
- التشويش، حيث يحدد أقل فدرة الإشارة المدى التي يستطيع المستقبل في الرادار تمييزها.
- كسب الهوائي G ، نتيجة التعامل مع هوائي موجه فان قدرته على تركيز الطاقة في حزمة ضيقة صوب الهدف تؤثر في قيمة المدى القصوى.
- وبالتأكيد يؤثر صفاء اللجو ووضوح الرؤية يؤثر تأثير كبير، فبوجود الضباب والثلوج تحجب الرؤية ولو على مسافات قايلة في بعض الأحيان.

مثال 1: إذا أردنا زيادة أقصى مدى إرفار إلى الضحف، فإلى أي قيمة يجب ان نرفع قدرة النبضة المرملة؟ (على فرض تثبيت باقى القيم الأخرى المؤثرة على المدى)

الحل:

بتثبيث باقي القيم والنفرضها k يمكن إعلاة كتابة المعلالة على النحو التالي:

> $R_{max1} = (P_t G \delta A_s / S_{min} (4\pi)^2)^{1/4}$ = $k(P_{tt})^{1/4}$

فإذا أردنا زيادة أقصى مدى أرادار إلى الضعف:

 $R_{\text{max}2} = 2 R_{\text{max}1}$ = $k(P_{12})^{1/4}$ = $2k(P_{11})^{1/4}$

وبأكثر نسبة للمدى للثاني للى الأول نجد:

 $R_{\text{max2}} / R_{\text{max1}} = 2$ $k(P_{12})^{1/4} / k(P_{12})^{1/4} = 2$ $(P_{12})^{1/4} / (P_{12})^{1/4} = 2$

و بالتالي فإن القدرة الجديدة:

 $P_{t2}^{-1/4} = 2P_{t1}^{-1/4}$ $P_{t2} = 16 P_{t1}$

أي لمضاعفة المدى مرة يجب مضاعفة القرة المرسلة 16 مرة.

مثال2: المسب أقصى مدى يستطيع رادار تمييز هنف عنده، إذا علمت أن كسب هواتي الرادار يساوي 20 وفيمة δ تساوي 5 والمساحة الفعالة لهوائي الاستقبال 20 m²، وأقصى قيمة للقدرة المستقبلة تساوي μwatt بينما قدرة الإشارة المرسلة تساوي 100 watt.

الحل:

بالنعويض المباشر في معادلة الرادار نحصل على أقصى مدى:
$$R_{max} = (P_t G \delta A_c S_{min} (4\pi)^2)^{1/4}$$

$$= (100^* 20^* 5^* 20/0.1^* 10^{-6} (4\pi)^2)^{1/4}$$

$$= 335.5 \text{ m}$$

مثال3: إذا كانت المساحة النعالة لهواتي 20m² وكتب 40dB وقدرة الإشارة المرسلة 90% وأقل قدرة للإشارة المستقبلة 0.3uw. قيمة 6 تساوي1، الحسب أقصى مدى الرادار في هذه الحالة.

الحل:

أو لا رجب تعويل القيمة اللوغاريتمية الكسب الهوائي قبل تعويضها في المعادلة:

$$G = Log^{-1}[G_{dB}/10]$$

$$= Log^{-1}[40/10]$$

$$= 1000$$

يمكن الأن التعويض المباشر في معادلة الرادار: $\mathbf{R}_{max} = (\mathbf{P}_t\mathbf{G} \, \delta \, \mathbf{A}_{\sigma}/\mathbf{S}_{min}(4\pi)^2)^{1/4}$ $= (9*1000*1*20/0.3*10^{-6*}(4\pi)^2)^{1/4}$

= 248 m

مثال4: ما بعد الهدف عن الرادار في المثال السابق، إذا كانت قدرة الإشارة المستقبلة يساوي 0.1mw ؟

الحل:

يمكن أيجاد المدى من العائمة الأصلية المشتقة: $R = (P_t G \delta A_e / P_t (4\pi)^2)^{1/4}$ $= (9*1000*1*20/0.1*10^{-3}*(4\pi)^2)^{1/4}$ = 58.1 m

العوارض Displays

بمثل العارض Display وسيلة نقديم المعلومات المرتبة الرادارية بشكل مناسب لتحليل العامل وتتقيط المعلومات المحتراة في إشارة المدى للرادار. وعندما يتم وصل العارض Display مباشرة إلى ناتج الفيديوفان هذا هوالنوع التقليدي للعرض الراداري في المستقبل وتسمى المعلومات المعروضة في هذه الحالة Raw Video.

و عندما بعالج أو لا ناتج الفيديو في المستقبلة بكائف أتوماتيكي أو كثنف أبي ومعالج ماسح Tracking Processor) (ATD)، فإن الناتج المعروض يدعى في بعض الأحيان Synthetic Video .

وبوجد من العوارض Bisplays نوع مختلف من أنواع العرض والتقديم للإشارة المرتبة، يمكن وصفهم على النحر المختصر التالي:

- A Deflection Modulated) عارض تعديل الانحراف (A-Scope .1 عرض بتناسب انحراف الموشر العارض مع شدة البعد عن البع
- B-Scope .2 عارض مستطيل التعديل الكثافة B-Scope .2 عارض مستطيل التعديل الكثافة B-Scope .2 تبدئ بعثل المحور الأفقي في هذا النوع من العوارض (Azimuth Angle) زاوية السمت، بينما بعثل المحور العمودي بعد الهدف عن الرادار (المدي).

- محيث بمثل المحور الأفتى (Azimuth Angle) لهذا العارض زلوية السمت، بينما يمثل المحور العبودي زلوية الارتفاع (Elevation).
- 4. Rough :يتم في هذا العارض إعطاء تقدير غير دقيق (Rough) للمسافة على المدور العمودي نتيجة الإشارات والنبضات الرادارية (Blips)، وهو يماثل العارض من نوع C-Display .
- 5. E-Scope هو أيضا عارض مستطيل التعديل الكثافة حيث يمثل المحور الأفتي المسافة بينما يمثل المحور العمودي زاوية الارتفاع (Rhl في ذلك حيث بمثل ارتفاع الهدف على المحور العمودي).
- 6. F-Scope : يظهر الهدف على هذا العارض المستطيل حيث كإشارة أو نبضة مركزية عنما يوجه هوائي الرادار عليه (Aiming) وأن الخطأ في التصويب الأفقية والخطأ في التصويب الأفقي يشار له بالإزاحة الأفقية والخطأ في التصويب الأفقي يشار له بالإزاحة المعادية للاشاره أو النبضة الرادارية (Blip).
- 7. G-Scope عارض مستطيل حيث يظهر الهدف كإشارة أو نبضة رادارية مركزية جانبية (Laterally Blip) عندما يوجه الهواشي بزاوية الهدف بزاوية سميته .
- 8. H-Scope هـ المسلم المسلم المسلم عن زاوية الارتفاع المسلم عن زاوية الارتفاع (Angle Of Elevation) ويظهر الهدف كنبضتين أو إشارتين رداريتين متقاربتين جدا والتي تغرب خطباهر Bright قصير حيث أن ميله ينتاسب مع جيب زاوية أرتفاع الهدف.
- 9. J-Scope هو A- Scope معدل حيث تكون قاعدة الوقت دائرة وتظهر الأهداف كانحرافات قطرية عن هذه القاعدة .

- 10. I-Scope فو عارض يظهر الهدف فيه كدائرة كاملة عندما يشير هوائي الرادار إليه نماما، بحيث يتناسب نصف قطر الدائرة مع بعد الهدف: وعدم التوجيه الصحيح لهوائي الرادار باتجاه الهدف يغير الدائرة إلى قطعة بحيث في طول فوسها يتناسب عكسيا مع الخطأ المؤشر Pointing Error ويشير مكان لقطعة إلى معكوس اتجاه تأشير الهوائي.
- 11. A- Scope هو A- Scope معدل: يظهر الهدف على هذا العارض كزوج من الانحرافات العمودية، وعندما يشير هوائي الرادار بشكل صحيح إلى الهدف فان الحارفين يكون لهما نفس الارتفاع وعندما لا يشير إلى الهدف فان الفرق في انساع الحارفان بشير إلى انتجاء وانساع الخطأ المؤشر (Pointing Error).
- 12. Scope : يظهر الهدف على هذا العارض كزوج من الإشارات أو التبضيف الرادارية، واحدة تمند إلى البمين بعيدا من قاعدة وقت عمودية مركزية والأخرى إلى اليسار. وعدما يشير الرادار مباشرة إلى الهدف يتساوى اتساع الإشارتين. وعدم المساواة تعنى وجود خطأ نسبي مؤشر، ونعل المسافة باتجاه الأعلى وعلى طول خط القاعدة بعد الهدف.

į

- 13. M -Scope أحد أدراع A-Scope حيث أن بعد الهدف يتقرر بواسطة تحريك إشارة تعيير ومتغيرة (Moving And Adjustable) على طول خط القاعدة وحتى تنطبق مع الموضع الأقتي لاتحراف اشارة الهدف، والضابط (Control) الذي بحرك القاعدة (pedestal) يعير في البعد أو المسافة .
- N Scope متخبرة N Scope متخبرة التضبيط كما في M Scope لقياس المسافة.

- O- Scope .15 هو A-Scope معدل وذلك بتضمينه مسننة Notch متغيرة للتضبيط لقياس المسافة.
- PPI -Scope وأيضا تدعى Plan Position Indicator وأيضا تدعى PPI -16
 هوعارض دائري يعدل الكثافة، وتوضع به إشارات الصدى الناتجة عن
 الأجسام العاكسة على مكان Plan مع المدى، وزاوية السمت Azimuth
 تعرض على محاور قطبية (ROH Theta) تشكل عرض ممثل الخارطة.
- R- Scope .17 هو A- Scope مع قطعة لقاعدة زمنية تمتد يجانب الإشارة او High Accuracy في قياس بعد الهدف.
- 18. مشير المدى والارتفاع (RHI): عارض على Range Height Indicator (RHI): عارض تعديل الكثافة حيث يمثل المحور العمودي الارتفاع (المسافة العمودية من الأفقى) ويمثل المحور الأفقى المدى (المسافة المباشرة من الرادار إلى الهدف) وبالتالي يمكن تحديد النجاء الهدف (الزاوية) من العلاقة الجبيبة المسافتين.

7-6 مفهوم دويتر وايجاد العلاقة ببنها وبين سرعة الهدف

Doppler Frequency Shift

عندما بكون مصدر الموجة الصوتية ثابت لا يحدث أي لزلحة للتردد. أما إذا كان مصدر الموجة الصوتية أو الطرف الذي يستقبل هذه الموجة في حالة حركة ضوف يحدث لزاحة لتردد الموجة. وهذا ما يعرف بتأثير دوبار والذي يمثل مبدأ عمل الرادار ذو الموجة المستمرة CW.

فإذا كانت المسافة بين الرادار والهدف تساوي R، فمن الطبيعي أن تساوى تلك المسافة عدد أطوال الموجة (n) المتكونة منها. وبالتالي فإن أطوال الموجة المحتواة في المسار من الرادار إلى الهنف وإلى الرادار مرة أخرى ضعف ذلك العدد، أي:

 $2R/\lambda = (المسار الذهاب والعودة) معدد أطوال الموجة المسار الذهاب والعودة$

حيث R و λ لهم نفس وحدة القياس.

وبما ان كل 1 طول موجي يقابله 2π Radian ، فإن الانحراف الزاوي الكلى الناتج عن إرسال واستقبال الموجة الكهرومغاطيسية 1 يساوي:

 $I = 2\pi(2R/\lambda) = 4\pi R/\lambda = 2\pi n$

فإذا كان الهدف المرصود متحرك فإن المسافة R تكون متغيرة وبالتالي فإن الاتحراف الزاوي I يصبح منغير، حيث العلاقة طردية بينهما.

و لأي موجة ممثلة جيبيا:

 $X(t) = A\sin(\theta)$

فان القيمة اللحظية للتردد الزاري (بساوي مشتقة الزاوية نسبة للزمن: هـ هـ صلحه المستقدة الزاوية نسبة المراد

ومشتقة الانحراف الزاوي I تمثل نريد دوبلر الزاوي Doppler،

 $\omega_d = 2\pi f_d = dI/dt$ $= d(4\pi R/\lambda)/dt$ $= (4\pi/\lambda) dR/dt$

1

ديث R متغيرة مع الزمن، ومشتقة المسافة تعطى السرعة ،V: $\omega_0 = 4\pi V_c/\lambda$

و بالتالي:

$$\begin{split} \mathbf{f}_{d} &= \omega_{d} / 2\pi = (4\pi \ V_{r} / \lambda) / \ 2\pi \\ &= 2V_{r} / \lambda \\ &= 2V_{r} \mathbf{f}_{0} / \mathbf{C} \end{split}$$

حيث:

f: ترند نوبار .

fa : التردد المرسل،

ω: نردد نوبار الزاوي.

C: سرعة الضوء وتساوي سرعة انتشار الموجة = 108m/sec * 3.

لن هذه العلاقة تعد علاقة تقريبية حيث تم فرض تساوي المسافة من الرادار إلى الهدف مع المسافة من الهدف إلى الرادار التسهيل بالرغم من اختلاقهما (زيادة أو نقصان بحسب انتجاه الجسم المتحرك).

أما التعبير الدقيق لتردد دوبار f_a من عند هدف متحرك بسرعة نسبية V_r إذا كان التردد المرسل يماوي f_0 فيعطى بالعلاقة التالية:

 $f_d = f_0[(1+V_r/C)/(1-V_r/C)]$

مثل : احسب سرعة سيارة راقبه رادار وسجل عنها نردد دوبار بساوي 250 Hz اذا كان التردد المرسل بساه ي 1 GHz .

الحل:

من علاقة تردد دويار يمكن حساب سرعة الجسم:

 $f_d = 2V_r f_0/C$

وبالنالي:

 $V_r = f_d * C / 2f_0$ = 250* 3*10*/2*109

= 37.5 m/sec =37.5 *10⁻³/(1/3600) = 135 Km/hour

مثال: إذا كان جسم يتحرك موقعه وهَا للملاكة التألي:

 $R = 10t^2 + 15$

وتم النقاطه بواسطة رادار، فإذا كان النردد الإشارة المرسلة من الرادار تساوى GHz ، جد:

- 1. الاتحراف الزاوي عند أي لحظة.
- الاتحراف الزاوي عند الثانية الأولى t=1 sec.
 - تريد دوبار عند الثانية الأولى sec إ=.

الحاء:

لإيجاد الاتحراف الزاوي نحسب أولا الطول الموجى للإشارة:

$$\lambda = C/f$$

= 3*10⁸/3*10⁹
=0.1 m

1. نطبق علاقة الانحراف الزاوي فنحصل على:

$$I = 4\pi R/\lambda = 4*3.14*(10t^2+15)/0.1$$
$$= 1256t^2+1884$$

2. نعوض في قيمة الزمن في المعادلة التي حصانا عليها في الفقرة السابقة:

$$I = 1256 * 1 + 1884$$

= 3140

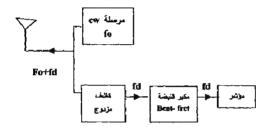
 3. أولا يجب أن نحسب سرعة الجسم في تلك اللحظة من خلال اشتقاق علاقة المسافة:

$$V_r = dR/dt = d(10t^2 + 15)/dt$$
= 20t
= 20*1=20 m/sec
: ويمكن الأن ليجاد نرند نوبار من القانون مباشرة
 $f_d = 2V_r/\lambda$
= 2*20/0.1 = 400 Hz

7-7 بُظام الرادار ذو الموجة المستمرة

Continuous Wave Radar (CW)

يستخدم هذا الرادار موجة محلة Modulated Signal أو غير محلة، وهو رادار مهم لما له من تطبيقات عديدة ومهمة في الحياة العملية. والشكل الذالي يوضح المخطط الصندوقي لهذا الرادار:



من الملاحظ أن الشكل العام لهذا الرادار يتثنابه مع الرادار النبضي، حيث يتكون من هواني ولحد للإرسال والاستقبال معا واحتوائه على دائرة إرسال واستقبال. ومن الأمثلة على رادارات العوجة المستمرة رادار Proximity (VT) Faze.

ووظيفة مكونات رادار العوجة المستمرة التي تشكل مبدأ عمله يمكن الخيصها بما يلي:

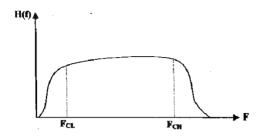
 أ. المرسلة Transmitter: تقوم بتوايد موجة اهتراز مستمرة بتردد ،f، ويئم الرسال هذه الموجة عبر اللهوائي نحو الهدف الذي يمنص جزء من طاقتها ويعكس البلقي في جميع الاتجاهات فيعود جزء منها مرة لُخرى إلى الرادر.

ان تردد الموجة المرتكة إلى الرادار لا يسلوي التردد المرسل تماما، فالجمم المتحرك الذي يصطدم بالموجة ويعكمها يتسبب بازاحة انردد الموجة بعتمد على انجاه حركة الجمع (إذا كان يتحرك بانجاه الرادار أو عكس انجاه الرادار). فيكون تردد الموجة المستقبلة من قبل الرادار مساويا:

أ. f_0+f_0 : أي زيادة في قبِمة التردد المستقبل عن التردد المرسل بغارق f_0 ، ويحدث ذلك إذا كان الجسم يتحرك نحو الرادار وبالتالي تقليل المسافة بينه وبين الرادار .

ب f_0 : أي نقصان في فيمة للتردد المستقبل عن التردد المرسل بغارق f_0 ، ويحدث ذلك إذا كان الجسم يتحرك بعيدا عن الرادار وبالتالي تزداد المسافة بينه وبين الرادار .

- 2. الكاشف المازج Detector Mixer : الحصول على موجة تردد متوسط حيث يقوم بمزج الإشارة المستقبلة (ذات التردد fo±fd) بجزء من إشارة ألم المرسلة (ذات التردد fo)، فتتتج نغمة تسمى "Doppler Beat Note" أو نغمة دفة دو دار.
 - 3. مكبر دوبلر Doppler Amplifier : للمكبر وظيفتين أساسيتين، الأولى تكبير إشارة مدى دوبلر إلى المستوى القياسي المطلوب الذي يسمح بتحليل الإشارة وتمييزها عن التقويش. ومن جهة أخرى يعمل المكبر عمل مصفى تعرير حزمة حسب الخصائص الانتقالية (H(f) الثالية:



وهذا المصفى له تردد قطع عالي F_{CH} وتردد قطع منخفض F_{CH} ولا يد من شروط نحكم قيمة هذان الترددان، بحيث يمرر المصفى كل ترددات دوبلر المتوقعة. وبناء على ذلك، بجب أن يسمح تردد القطع العالي F_{CH} المصفى بمرور أكبر تردد دوبلر متوقع وأن يسمح تردد القطع المنخفض F_{CH} المصفى بمرور أكبر تردد دوبلر متوقع وأكن في الوقت نضه يجب أن يكون نو قيمة قليلة بحيث لا يمرر الغولتيات المباشرة الناتجة من اصطدام الإشارة المرسلة بالأجسام الثابتة (الأرض، الأشجار، المباني،....) وارتداد الإشارة عن هذه الأجسام غير المعنية ورجوعها إلى الرادار وأحوانا يكون من الصحب تحقيق الشرطين المتعلقين بتردد القطع المنخفض بحرار غيتم عمل نوع من التوافق

4. المؤشر Pointer: بالرغم من اختلاف أدواع المؤشرات إلا أن طبيعة عملها بيقى واحد، وهو عرض نردد الإشارة النائجة من المكبر. فإذا أم يكن من حاجة المعرفة الدقيقة بقيمة نردد دوبار النائج فيمكن استخدام من السماعات Speakers لسماع النغمة (حيث نقع نرددات دوبار ضمن الترددات المسموعة من قبل الإنسان Audio Signals)، أما إذا كان

المطلوب عرض تردد دوبار فيمكن استخدام مؤشر ترددي Frequency المطلوب عرض الحالة. Meter

7-7-1 استعمالات الرادار ذو الموجة المستمرة CW

ان الخاصية في رادار دوبار نو الموجة المستمرة التي تعيزه عن الوسائل الأخرى المستخدمة في قياس السرعة هي عدم الحاجة إلى انتصال فيزيائي بين جهاز القياس وبين الجسم المراد فياس سرعته.

ان الرادار نو الموجة المستمرة تطبيقات عملة كثيرة متعدة تعتمد على مبدأ عمله في قياس السرعة النسبية لجسم متحرك منها:

- 1. الرادار المراقب للسرعة المستخدم من قبل شرطة السير،
- جهاز قباس (meter) لقباس محل Average الصعود الطائرات عند إقلاعها نحو الأعلى.
 - 3. التحكم في الإشارات الضوئية انتظيم حركة السير.
- 4. يستمسل كبديل لمقياس السرعة Fifth-Wheel لقياس وتنظيم للدفات في الحجرات على العربات، حيث يستفاد منه في فحص العربات في أنظمة الفرامل وتجنب الاصطدام.
- 5. يستممل كمقياس للسرعة الاستبدال محور المحبلة في جهاز قياس سرعة الدوران التقايدية في مجال السكك الحديدية. وفي حالة التسارع أو ضبط الفرامل يحدث الزلاق المعجلات التي تسبب أخطاء التي قد تؤثر في القياس.
 - قياس سرعة عربات الشحن لسكك الحديد في عمليات الحمل الزائد.

- 7. للرادار تطبيقات في مجال الصناعة. حيث يتم استخدام الرادار كجهاز قياس اهتزازات التوربينات وسرعة عجلات المطحنة، كما يستخدم في مراقبة الاهتزازات في كوابل الجمور المنطقة.
- 8. استخدام الرادار في أنظمة متطورة مثل أنظمة صواريخ هوك، فيتم استخدامه للكشف عن الطائرات والصواريخ والنخائر الحربية وغيرها من الأجسام الطائرة والمتحركة.
- ان التطبيقات السبعة الأولى تستخدم فيها موجة لها طاقة قليلة تقاس بوحدة mwatt ، أما التطبيق الأخير فتستخدم فيه موجة ذات قدرة عالية.

لقد حددت تطبيقات كثيرة لرادار الموجة المستمرة CW على المساقات البعدة نتيجة الصعوبة في فصل الإشارة المرسلة عن الإشارة المستقلة.

8-7 نظام رادار دوبار النبضي Pulsed Doppler Radar

يعمل رادار دوبار النبضى على كثنف الأهداف المتحركة في ومط نو درجة عالية من الضوضاء من خلال استخلاص تردد دوبار. فما وحدث في الرادار النبضى عدم الوضوح (الغموض) في قياس نردد دوبار والمدى، ويمكن معالجة ذلك كما بلر:

- الغموض في قياس تردد دوبلر (السرعة النمبية): ويئم تجنب حدوث هذا باستخدام معدل تجزئة عالى (معدل نبضة تكر اري قليل).
- الفعوض في قياس المدى (تأخير الرقت): ويتم تجنب حدوث هذا باستخدام محلل تجزئة قليل.

ويتضع من ذلك أن معالجة أحد الأمرين برجع سلبا على الآخر. ولكن من الممكن عمل نوع من التوافق بينهما. وبناء على نوع التوافق المستخدم فان الرادار يكون: أ. رادلر MTI : حيث يكون لهذا الرادلر محل نبضة تكراري قليل يسمح بمعالجة الالتباس في قياس المدى، فلا يتم ملاحظة أكثر من مدى (لا يحدث Multiple Time Around Echo). ولكن كما ذكر سابقا فان هذا التوافق يرجع مليا على قياس السرعة، فبالرغم من عدم قراءة مديك متعدة (لا أنه يحدث قراءة لمرعات متعددة مديلة.

ب. رادار دوبلر النبضي Pulse Doppler Radar : على المكس من النوع الأول فان لهذا الرادار محل نبضة تكراري عالى يسمح بمعالجة الالنباس في قياس السرعة وتجتب قراءة القياسات المضالة لها، ولكن فان هذا التوافق برجع سلبا على قياس المدى حيث بنم ملاحظة أكثر من مدى (حدوث ظاهرة Around Echo).

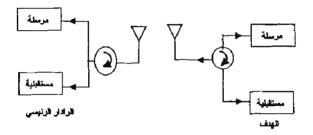
وبالإضافة لتميز رادار دوبار النبضي بالعمل في محيط ضوضائي، فهو أيضا أكثر استعمالا لمصغوفات مصغيات دوبار ذات البوابات المنتظمة Range أيضا أكثر استعمال مهتزات فرة مثل Klystron أكثر من استعمال مهتزات فرة مثل Magnetron ، ولذلك فان ارادار دوبار النبضي معدل نبضة تكراري عالى (أو يمكن القول أن له Duty Cycle أعلى من رادار MTI).

Pulsed Doppler Radar وبالمقارنة بين رادار دوبلر النبضي ورادار الموجة المستمر CW)، فيمكن تعييز نقطتين المفاضلة:

 أداء الكاشف في رادار دوبار النبضي غير محدود بالإشارت المتمكسة من الضوضاء القريبة أوجزء الإشارة المنعكس عن الهدف و الراحم إلى المستقبلة حيث بوقف عملها أثناء الإرسال. 2. قابلية الكشف عن الأهداف في رادار دوبار النبضي Doppler Radar تقل بسبب البقع المضالة في المدى الناتج من التردات الراديوية ذات القدرة المالية High Power.

9-7 الرادار الثانوي Secondary Radar

يختلف الرادار الثانوي اختلاف رئيسي عن سابقيه، ويظهر ذلك من خلال المخطط الصندوقي للرادار الثانوي الموضح في الشكل الذالي:



حيث بعثير كل من الرادار والهدف "مرسل مستقبل"، حيث يحتوي المهدف نفسه رادار و Transponder. حيث الغرض من هذا الرادار الكشف عن وجود الهدف والإما التخاطب معه المتعربف عن هويته ومكانه، والتجاوب من قبل الهدف مع الرادار.

ويتم الكشف عن النبضة المرسلة من مركز التحكم عند تردد محدد والتي نقدح تشغيل المستقبلة في "الملتقي والمستجيب" (Transponder)، الإرسال نبضة ثانية إلى مركز التحكم أو القاعدة (الرادار الأرضي)، ان إشارة

المدى الناتجة في هذا الرادلو أقوى من إشارة المدى في الرادارات السابقة والذي كانت تتنج عن الانعكاس عن الهدف (وضياع جزء من قدرة الإشارة).

والتريدات النمونجية المستخدمة في هذه الحالة يمكن أن تكون على النحو التالي:

- 1. من مركز التحكم إلى الهدف: تردد يساوى 1.03 GHz.
- 2. من الهدف إلى مركز التحكم: تردد يساوي 1.09 GHz.

ويستعمل الرادار بعدة طرق كمساعدة الاتصالات البحرية للاستعمال المدني والاستعمالات عسكرية أخرى .

وللتخاطب بين الهدف ومركز التحكم لا بد من استخدام إشارة مشفرة خاصة بهم، والصرورية لتحديد هوية الهدف (خاصة في مناطق الصكرية التحديد هوية طائرات الحدو). ولكل من الاستعمالات المختلفة شفرة تخاطب خاصة مبين بعض منها في الجدول الثالي:

| شفرة الاستجواب Interrogation code | الفاصل الزمني بين النبضات (pulse spacing(usec | الإستسال |
|--------------------------------------|--|------------------------|
| 1 | 3 | نسريف عسكري |
| 2 | 5 | تعريف عسكري |
| 3/A | 8 | ربط عسكري / تعريف مدني |
| В | 17 | تعريف مدني |
| C | 21 | الإرتناع |
| D | 25 | غير مؤشر |

وحيث لن الهدف مثله كمثل مركز التحكم موف يستجيب فقط لإشارات محددة أو لا ومرسلة ثانية من هذا الهدف بشكل محدد، فان مشكلة تراكم الضوضاء قد خففت بشكل كبير حيث ان الأهداف غير المرغوبة (المباني، الأشجار،...) معوف لن تعيد إشعاع إشارة قوية عند التردد المخصص.

يتميز تظام الرادار الثانوي على نظام الرادار الأولى من عدة نواحي، يمكن تلخيصها بما يلم.:-

- إشارة صدى قوية عند المستقبلة والمتحكمة: فبينما كانت إشارة الصدى المرتكة المرادار الأولى ضعيفة فإن إشارة الصدى في الرادار الثانوي قوية كونها إشارة مرسلة وليست متعكمة عن المرسلة.
- 2. تعريف الهدف وتعريف موقعه ومكانه: في الرادار الأولى تحددت المعلومة الراصلة الرادار بموقع الهدف وسرعته فقط أما في الرادار الثانوي ونتيجة الاستجواب بين مركز التحكم والهدف فيمكن تحديد هوية الهدف وموقعه ومهمته وغيرها من المعلومات المراد معرفتها عنه.
- 3. يوضع عنوان المهدف عندما يراد ذلك من محطة التحكم فقط: ومن الحالات الذي يتم فيها ذلك إذا أراد مركز التحكم التراسل مع أكثر من نقطة جوية متحركة (مجموعة طائرات مثلا).
 - يمكن توفر معلومات مختلفة من الأهداف.
- الضوضاء تخف بشكل كبير معطية نظاما موشرا من الهنف المتحرك: ويعود السبب لذلك مرة لخرى لأن الإشارة المستقبلة ليست مرتدة عن الهدف (وبالتالي مستواها ليس ضعيف إذا ما قورن بإشارة التشويش).

7-10 للمولدل المؤثرة على عمل الرادار الابتدائي والثلقوي

ذكرتا أن عدد من المعاملات تحدد أقصى مدى وكشف فيه الرادار الأهداف في موضوع سابق. لكن يوجد عدة عوامل تؤثر على عمل الرادار بشكل عام (سواء الابتدائي أو الثانوي) والراجعة إلى الاشكال المختلفة من التشويش الممكن حدوثه والتي لها تأثير بسبب القدرة القليلة للإشارة المرتدة نتيجة امتصاص جزء وتشتت جزء آخر من الإشارة المرسلة، وبالتالي أي قبمة مصوسة للتشويش تؤثر ملبا على النظام ككل. ومن العوامل المؤثرة على عمل الرادار (أو أسباب التشويش المؤثر في النظام):

[. التشويش المواد في المستقبلة Receiver

طبيعة عمل الرادار تعتمد على إرسال إشارة واستقبال الإشارة المرتدة منها عن الهدف الذي يتم رصده. وبالرغم من إرسال الإشارة بقدرة عالية (إشارة مرسلة قوية) إلا أن هذه الإشارة تنتشر في مساحة واسعة من جهة ومن جهة أخرى فان جزء من قدرتها يققد نتيجة الاصطدام بالهدف. وبالتالي فان قدرة الإشارة المستقبلة لا تكن كبيرة بالقدر الكافي أحيانا. ويقوم هواني دائرة الاستقبال بالتقاط إشارات التشويش الخارجي والتي قد تكون لها قدرة أعلى من الإشارة المطلوبة في بعض الأحيان، ويتم تكبير إشارة المدى كما يمكن أن ينتج تشويش من مكونات دائرة الاستقبال نفسها (كالتشويش المحراري)، ويمكن التقايل من هذه المشكلة بنظيل عرض النطاق الموجة المرسلة.

وبشكل علمي يتم النوفيق بين استخدام عرض حزمة ضعِنة التخلص من التشويش واستخدام عرض حزمة واسع بضمن الحصول على شكل إشارة جيد.(Narrow Band Width, Wide Band Width) 2. التشويش الخارجي الناتج من الظواهر الطبيعية Caused by Natural Phenomena:

الكثير من الظواهر الطبيعية مثل التفريغ الكهريائي والإشعاعات الشمسية والإشعاعات الشمسية والإشعاعات الكونية تسبب التداخل مع الإشارة المرتدة والتي كانت تؤثر في الأنظمة ذات الطول الموجي الكبيرة لكنها لا تعرقل عمل الرادارات ذات التقنية العالية المستخدمة في هذه الأبيام لأنها تستخدم إشارات ذات طول موجى صغير جدا.

3. التثويش الخارجي النائج عن العاملين (External Man Noise) : (Made

غالبية مصادر المتردد (الإشارة) سواء من المرسلات أومن آلات كهربائية من أنواع متعدة حيث تنخل هذه الإشارات إلى الهوائي وتدخل إلى المستقبلة ومنها إلى الشاشة حتى عندما يعمل جهاز الرادار بجانب جهاز أخر (رادار) بنفس التردد.

4. التشويش الناتج عن ارتداد الإثنارات بواسطة ظواهر طبيعية Signals . Reflected By Natural Phenomena:

تؤثر بعض الطواهر الطبيعية كالعواصف والغيوم والأمطار على عمل الرادار، حيث نقوم بعكس بعض الإشارات الناتجة عن الرادار، وتدخل دراسة هذه الطواهر ضعن اهتمامات رجال الأرصاد الجوية، لانها تعمل على تفطية الإشارة المرتدة ومنعها في يعض الأحيان من الوصول إلى المستقبلة مرة أخرى.

التشويش الناتج عن ارتداد الإشارات عند التضاريس الأرضية Signals
 Reflected By Land Masses

- عدما يكون الهدف مجاور لقطعة لرضية كبيرة نسببا فان الأرض بكون بعثابة عائق للإشارة الوصول إلى الهدف وبتالي لا نحصل على ارتدادا إشارة جيد .
- 6. التشويش الناتج عن تكور سطح الأرض (Curvature Of Thc). Earth:
- الأرض ليمت مسطحة وإنما كروية (منحنية) مما يسبب عدم وصول الإشارة إلى الهدف في بعض الأحيان إذا كان بعيد بشكل كبير عن الرادار وعلى ارتقاع نجر كافي.
- 7. التشويش الناتج عن حجم وشكل الهنف والمادة المصنوع منها (and Shape of the Object and the Material It Is Made of
- نرند الموجة المرسلة ذات القدرة العالية عن سطح الجسم راجعة إلى الرادار، بقدرة كبيرة أو صغيرة أو متوسطة وهذا يعتمد على طبيعة الهدف من حيث :--
- ا. عندما يكون الهدف معدني فإن الطاقة المرتدة نكون كبيرة: حيث بعمل المحدن (أو الفاز) كسطح عاكس جيد الأمواج.
- 2. عندما يكون الهدف ذو مساحة اكبر فإن الطاقة المرئدة تكون كبيرة: فكلما كان الهدف كبير الحجم والمساحة السطحية كان من الأبسر الكشف عنه حيث تزداد احتمالية اصطدام الموجة المرسلة به.
- 3. عدما يكون الهدف قريب فان الطاقة المرتدة تكون كبيرة: فالعلاقة عكسية بين كثافة الموجة ومربع البعد عن الهدف فكلما صغرت المسافة بين الرادار والهدف كلما الزدادت كثافة الموجة عند النقطة التي يقع عندما الهدف.

 عندما يكون وجه الهدف المقابل الرادار أسلس فإن الطاقة المرتدة تكون كبيرة: فالسطح الخشن يسبب تشتت الأمواج المنعكمة إلى جميع الاتجاهات بشكل غير منتظم.

أسئلة الوحدة السابعة

- س ا) ما هو الرادار Radar ؟
- ما الغرق بين المعلومة التي يحصل عليها الرادار والمعلومة التي تحصل عليها العين البشرية؟
 - س3) ارسم المخطط الصندوقي العام الرادار.
 - س4) ما مبدأ عمل الرادار الأولى؟
 - س5) عدد خصائص الرادار.
 - س6) اشرح مكونات للرادار الأولمي ووظيفة كل جزء.
 - س7) كيف يتم تحديد كل من بعد اللهدف والتجاهه بولمنطة الرادار؟
- س8) إذا كان الزمن الكلي المقاس من قبل الرادار والذي استغرقته إشارة للوصول إلى طائرة والاصطدام بها والارتداد عنها إلى الرادار يساوي 0.01msec. فما يعد الطائرة عن نقطة الرادار:
 - أ. بوحدة Km.
 - ب. برحدة nmi.
- مر9) إذا كان البعد الحقيقي لطائرة عن قاعدة للطائرات بساوي 1.5 Km ولكن تم قياسه من رادار على أنه يساوي Km، فما قيمة الخطأ في قياس الزمن ؟
- مر10) إذا كان الزمن الكلمي المقاس من قبل الرادار والذي استغرفته إشارة للوصول إلى المائزة والاصطدام بها والارتداد عنها إلى الرادار يساوي 0.015msec، فما بعد الطائزة عن نقطة الرادار:
 - أ. بوحدة Km.

ب. برحدة nmi

س11) إذا كان البعد الحقيقي لطائرة عن قاعدة الطائرات بساوي 1.3 Km ولكن تم قياسه من رادار على أنه بساوي 1.2 Km، فما قيمة الخطأ في قياس الزمن ؟

س12) ما العلاقة بيت تردد الشارة المرسلة والمدى؟

س13) كيف يتم التشفير في الرادار النبضي Pulsed Radar ؟

س14) كيف يتم التشفير في رادار الموجة المستمرة CW ؟

س15) ارسم المخطط الصندوقي للرادار ثم اشرح وظيفة كل من:

1. المرسلة Transmitter

2. المزدوج Duplexer

الماز ج Mixer

4. الكاشف الثاني Detector

س16) عند خصائص مدخل المازج Mixer المستخدم في أنظمة الرادار.

س17) ما العرامل المؤثر على أقصى مدى للرادار؟

س18) ما الفائدة من المعلالة الأساسية للرادار؟

س19) إذا أردنا زيادة أقصى مدى ارادار ثلاثة أضعاف، فإلى أي قيمة بجب ان نرفع قدرة النبضة المرسلة؟ (على فرض تثبيت باقي القيم الأخرى المؤثرة على المدى)

س20) لحسب أقصى مدى يستطيع رادار تمييز خنف عنده، إذا علمت أن كسب هوائي الرادار يساوي 15

- وقيمة δ تساري 10 والمساحة الفعالة لهوائي الاستقبال 50 m²، وأقصى قيمة القدرة المستقبلة تساري 0.1 μwatt بينما قدرة الإشارة المرسلة تساري 120 watt.
- س21) لإنا كانت المسلحة الفعالة لهواتي 20m² وكسبه 60dB وقدرة الإشارة المستقبلة 10x3w وقتل 6 تساوي المرسلة 15w أخسى مدى للرادار في هذه الحالة.
- س22) ما بعد الهدف عن الرادار في السؤال السابق، إذا كانت قدرة الإشارة المستقلة بسابري 0.15mw ؟
- س23) لحسب قطر الهوائي للرادار، بحيث يحقق أقصىي مدى بساوي 3000m، لإذا كانت قدرة الإشارة المرسلة 1500 watt و 6 تساوي 10، وأقصى قدرة مستقبلة ذات قيمة 10⁻⁴watt، والتردد المستخدم يساوي 1.09GHz.
- س24) لحسب سرعة سيارة راقبه رادار وسجل عنها تردد دوبار يساري 250 Hz. اذا كان التردد العرسل بساري 2GHz.
- س25) احسب سرعة سيارة راقبه رادار وسيل عنها نردد دويلر يساوي 300 Hz، إذا كان النردد العرسل يساوي GHz.
 - س26) إذا كان جسم يتحرك موقعه وفقا للعلاقة التالي:

 $R = 20t^2 + 10t$

- وتم النقاطه بولسطة رادار، فإذا كان النردد الإشارة المرسلة من الرادار. تساوى GHz 6 جد:
 - الاتحراف الزارى عند أي لحظة.
 - الاتحراف الزارى عند الثانية الأولى t=1 sec.

3. تردد دوبار عند الثانية الأولى t=1 sec.

س27) إذا كان جسم يتحرك موقعه وفقا للعلاقة التالي:

 $R = \sin(200t)$

وتم التقاطه بولسطة رادار ، فإذا كان التردد الإشارة المرسلة من الرادار تساوى GHz 6 جد:

- الاتحراف الزاوى عند أى لحظة.
- الاتحراف الزاوي عند الثانية الأولى t=1 sec.
 - تردد دويار عند الثانية الأولى t=1 sec.

س28) أعد المنزال السابق عند اللحظة t=2 sec.

س29) كيف يؤثر شكل المهنف ونوعه على قيمة القدرة المستغبلة للرادار ؟ س30) ما وظيفة العارض Display؟ ما هي أنواع العوارض المستخدمة مم

١.

الرادار الأولى؟ تكلم عن كل نوع منها باختصار.

س31) ما الفرق بين الرادار الأولى والرادار الثانوي؟ مر32) ما استخدامات لارادار الثانوي؟

س33) ما استخدامات الرادار نو الموجة المستخدمة CW ؟

س34) ما أنواع التشويش المؤثرة في عمل الرادارات؟

س35) ما أنواع المؤشرات المستخدمة في الرادار ذو الموجة المستمرة CW ا

س36) ما الفرق بين رادار MTI ورادار دوبار النبضي Pulsed Doppler

س37) ما أساس التصنيف بين رادار MTT ورادار دوبلر النبضي Pulsed ، 37) ما أساس التصنيف بين رادار

س38) ما الغرق بين رادار الموجة المستمرة Continuous Wave Radar ورادار دوبار النبضي Pulsed Doppler Radar

م 39) كيف يتم معالجة التشويش الناتج خلال المستقبلة في الرادار؟ ص40) ما قيمة التردد المستخدم في التراسل من وحدة التحكم إلى الهدف وبالعكس؟

ن: 4335 تاريخ استلم: 26/2/2006

References المراجع الطمية

- دوسیه "أنظمة الاتصالات آ"، إعداد نخبة من المهندسین.
- دوسیه "Communication Systems"، للدکتور حمدي شرشر، جامعة المنصورة، مصر.
- Introduction to Radar System; Merrill L. Skolnik. 2nd .3 edition
 - MTI and Pulsed Doppler Radar; D. Curtis Schleher .4
- Microwaves, An Introduction to Microwave Theory and .5
 .Techniques; A.J. Baden Fuller; 2nd edition
- Introduction to Microwaves, Gershon J. Wheeler, Prentice .6 Hall, 1963.
 - 7. دوسيه "Digital Communication"، للمهندسة مريم أخواز هيه.
 - Electromagnetics, John D. Kraus, Fourth Edition .8
- Principles of Communication Systems, Taub Schilling, 2nd .9 edition .
- Analogs and Digital Communication Systems, Martin .10 S. Roden; 4th edition.
 - Analogs and Digital Communication 2th edition. .11





